



**INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO**

**Paulo Alexandre Saleiro Torres**

Controlo de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água

Monitorização e Reparação de Fugas

**Nome do Curso de Mestrado**

Mestrado em Construções Cívicas-Ramo Ambiente

**Trabalho efetuado sob a orientação**

Doutor Hugo Lopes

Julho 2014

## **MEMBROS DE JÚRI NOMEADOS**

Presidente: Prof. Doutor Mário Russo

Prof. Doutor José Tentúgal Valente

Prof. Doutor Hugo Lopes

## **DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho não seria possível sem o contributo e apoio de várias pessoas e instituições a quem me sinto na obrigação de agradecer o apoio.

Agradeço de uma forma especial aos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBV) pela possibilidade da realização desta dissertação num ambiente empresarial inovador, tecnologicamente apetrechado e com excelentes profissionais.

Ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC) e, particularmente, ao Professor Doutor Mário Russo por permitir aos mestrandos do Ramo de Ambiente esta oportunidade.

Agradeço de uma forma muito pessoal e amigável ao meu orientador, Professor Doutor Hugo Lopes, pelos conselhos, motivação, orientação e perspicácia nos conhecimentos transmitidos durante esta longa jornada de trabalho.

Ao Eng.º João Garcez pela disponibilidade, orientação, dedicação e revisão deste trabalho, nomeadamente toda a componente desenvolvida com os SMSBVC.

A todos os colaboradores dos Serviços Municipalizados que, de forma direta e indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os colegas de mestrado e, em particular, ao Filipe pelo inestimável apoio e amizade.

Quero agradecer de uma forma muito especial a toda a minha família direta e amigos pela dedicação, força, incentivo e por compreenderem as minhas ausências nos momentos em que precisava de me dedicar inteiramente ao trabalho.

Aos meus pais que sempre me transmitiram os melhores valores de vida, apoiando-me e fazendo com que acreditasse nos meus sonhos.

Por fim, como não poderia deixar de ser, quero agradecer à minha esposa Cathy pelo seu inesgotável amor, dedicação, apoio e confiança. À minha filha Helena, que desde o seu nascimento tem sido um poço inesgotável de alegria e felicidade. Elas são o farol da minha vida e sem elas este trabalho não teria sido possível.

## **RESUMO**

A Presente dissertação pretende avaliar os sistemas de abastecimento de água e, dentro destes, centrar-se-á no estudo das perdas reais e na sua importância para a eficiência dos sistemas de abastecimento.

Relativamente às medidas essenciais ao controlo deste tipo de perdas, foi dada especial atenção à monitorização da rede e deteção antecipada de novas fugas com recurso a novas tecnologias, bem como à tomada de decisão sobre o tipo de reparação a efetuar.

Apesar das vantagens económicas, sociais e ambientais destas soluções, as redes em Portugal são ainda muito pouco monitorizadas e, na maioria dos casos, a reparação só é efetuada quando a fuga é detetada à superfície ou é identificada através de queixas e ocorrências. A reparação das redes ocorre, tradicionalmente, recorrendo a processos tradicionais com recurso à abertura de vala ou, em algumas situações, através de novas técnicas sem abertura de vala.

A sustentabilidade do setor do abastecimento de água depende, em muito, da eficiência que o sistema consegue proporcionar aos seus consumidores. Deste modo, só com uma elevada monitorização das redes e uma estratégia proactiva na busca e controlo das perdas se pode obter um baixo grau de desperdício deste bem essencial à vida. A monitorização das redes adquire particular importância com a idade e o estado avançado de degradação da maioria das redes de distribuição.

Nesta dissertação é elaborada uma análise comparativa entre as várias técnicas existentes para a monitorização das redes, assim como uma abordagem aos tipos de intervenções efetuadas para reparar as redes depois de detetadas as fugas. Desta forma, pretende-se demonstrar os ganhos decorrentes da aplicação destas novas tecnologias na monitorização das redes que beneficiam as entidades gestoras e as populações.

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com os Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBVC), responsável pelo abastecimento de água no município de Viana do Castelo.

Esta dissertação de mestrado tem os seguintes objetivos:

- Elaboração de um estudo de enquadramento das perdas reais nos sistemas de abastecimento de água;

- Realização de um estudo aplicado aos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo;
- Produção de um estudo que, pela sua natureza teórica e prática, contribua para reduzir o nível de perdas reais em sistemas públicos de abastecimento de água;
- Concretização de um trabalho de campo através de aplicações concretas relativamente à medição de caudais (tecnologias e estratégias), determinação de perdas reais em redes extensas, controlo das pressões e seu efeito sobre as perdas de água.
- Demonstração sobre a importância que o uso das novas tecnologias tem no combate às perdas reais de água e nos proveitos que as entidades gestoras têm em diversas áreas.

Após a realização deste trabalho conclui-se que o controlo das perdas reais assenta na definição exata de todos os parâmetros que compõe o balanço hídrico e na aplicação de medidas operacionais, nomeadamente a gestão da pressão, o controlo ativo de perdas, a reparação rápida e eficiente de fugas e roturas e a renovação/substituição de condutas.

Atualmente, este controlo é auxiliado pelo uso das novas tecnologias de monitorização das redes de abastecimento de água através de plataformas de gestão como a usada nos SMSBVC, plataforma W-IMS, que permite a realização de balanços hídricos de uma forma automática e em tempo real, permitindo perceber a eficiência do sistema de abastecimento e facilitar a tomada de decisão sobre as operações necessárias a efetuar para otimizar o sistema e reduzir os volumes de água perdida.

Deste modo, pode-se concluir que no período de estudo e monitorização da rede de abastecimento dos SMSBVC, as perdas reais tiveram uma redução de 25,25% e a água não faturada uma diminuição de 22,58%. Esta redução demonstra os proveitos obtidos com a introdução desta nova tecnologia permitindo obter poupanças muito significativas e reduções de custos também consideráveis.

**Palavras-Chave:** Sistemas de abastecimento de água, controlo de perdas reais, eficiência, monitorização de condutas, substituição de condutas.

## **ABSTRACT**

This thesis aims the evaluation of the water supply systems and, within those; it will focus on the study of actual losses and its importance for the efficiency of the supply system.

Concerning the main measures to control this type of losses, special attention was given to network monitoring and early detection of new leaks using new technologies, as well as the decision on the type of repair to carry out.

Despite the economic, social and environmental advantages of these solutions, our networks are still very little monitored and in most cases the repair is accomplished only when the leak is detected at the surface or through complaints, occurrences. The repairing of networks occurs, mainly, using traditional processes such as open trench or, in some situations, through new techniques without opening the trench.

The sustainability of the water supply sector depends largely on the efficiency that the system can provide to its consumers. Thus, only with a high monitoring of networks and a proactive strategy of search and control of losses it's possible to obtain a low degree of waste of this natural resource essential for life. The monitoring of networks becomes particularly important due to age and to the advanced state of degradation of most distribution networks.

In this thesis it is developed a comparative analysis between various existing techniques for monitoring networks, as well as an approach to the types of interventions made to repair the networks after detecting the leaks. Thus, it's intended to demonstrate the profits of implementing these new technologies in monitoring networks which benefit management companies and populations.

This work is going to be developed in partnership with the Municipal Sanitation Services of Viana do Castelo (SMSBVC), responsible for the water supply system in the municipality of Viana do Castelo.

This thesis has the following aims:

- Development of a study of integration of the actual losses in water supply systems;
- Execution of a study applied in the Basic Sanitation Municipal Services of Viana do Castelo;

- Development of a study which, by its theoretical and practical nature, contributes to reduce the level of actual losses in public water supply systems of.
- Execution of a field work through concrete applications for the measurement of flows (technologies and strategies), determination of actual losses in large networks, control of pressure and its effect on water losses.
- Demonstration of the importance that, the use of new technologies has in fighting real water losses and in the gains that management companies have in several areas.

After doing this project it is concluded that the control of real losses is set on the exact definition of all the parameters that compose the hydric balance and in the implementation of operational measures, namely pressure management, active control of losses, fast and efficient repair of leaks and ruptures and the renovation/replacement of pipelines.

Nowadays, this control is assisted by the use of new technologies of monitoring of the water supply networks through management platforms such as the one used in the SMSBVC, platform W-IMS, which allows the execution of hydric balances in an automatic way and in real time, allowing to understand the efficiency of the supply system and ease the decision process on the necessary operations to optimize the system and reduce the volumes of lost water.

Thus, it can be concluded that in the study and monitoring period of the supply network of the SMSBVC, the real losses had a reduction of 25,25% and the unbilled water a decrease of 22,58%. This decrease shows the gains obtained with the introduction of this new technology, allowing obtaining highly significant savings and also considerable cost reductions

**Keywords:** water supply systems, control of actual losses, efficiency, monitoring of pipelines, replacement of pipelines.

## ÍNDICE

<b>DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Organização da dissertação .....	1
1.2. Apresentação sumária do tema .....	1
<b>2. ENTIDADES GESTORAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E AS SUAS PERDAS DE ÁGUA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Introdução .....	4
2.2. O setor de abastecimento de água em Portugal.....	6
2.3. A gestão da água e os modelos adotados .....	9
2.3.1. Modelos de gestão.....	9
2.3.2. Tarifas.....	11
2.3.3. Principais problemas do sector .....	14
2.4. O ciclo de abastecimento de água e seus órgãos.....	16
<b>3. ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>23</b>
3.1. As perdas de água em sistemas de abastecimento de água.....	23
3.1.1. Introdução .....	23
3.1.2. Definição de perdas de água .....	23
3.1.3. Balanço hídrico.....	26
3.2. Perdas reais .....	30
3.2.1. Gestão da pressão.....	33
3.2.2. Controlo ativo de perdas.....	35
3.2.2.1. Equipamentos de deteção acústica de fugas .....	38
3.2.3. Reparação das fugas e roturas.....	42
3.2.4. Renovação e substituição das condutas .....	43
3.3. Indicadores de perdas.....	44
3.4. Indicador de desempenho de abastecimento de água em Portugal-ERSAR .....	48
3.5. As perdas de água e as políticas de redução .....	50
3.6. Telemetria.....	51
3.6.1. Telecontagem.....	54



3.6.2.	A implementação de sistemas de telecontagem de água nas entidades gestoras .....	56
3.7.	Instrumentos e tecnologias para o armazenamento e gestão da informação. ....	59
3.8.	Conclusão da pesquisa bibliográfica .....	64
4.	CARATERIZAÇÃO HISTÓRICA E CONTEXTUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE VIANA DO CASTELO. ....	66
5.	ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO .....	68
5.1.	Âmbito .....	68
5.2.	Objetivos .....	68
6.	ESTUDO DE CASO.....	70
6.1.	Monitorização e gestão das redes de abastecimento de água.....	70
6.2.	Caraterização do sistema de abastecimento em alta que fornece os SMSBVC .....	71
6.3.	Caraterização do sistema de abastecimento em baixa dos SMSBVC .....	72
6.4.	Monitorização da zona da Amorosa .....	81
6.4.1.	Caraterização da Amorosa.....	82
6.4.2.	Sistema de telecontagem da Amorosa.....	88
6.4.2.1.	Unidade local .....	88
6.4.2.2.	Concentradores e comunicação.....	91
6.4.3.	Recolha da informação e análise dos consumos.....	92
6.4.3.1.	Análise de dados .....	92
6.4.4.	Análise e discussão dos resultados .....	110
7.	CONCLUSÕES .....	113
7.1.	Recomendações para estudos futuros .....	115
8.	BIBLIOGRAFIA.....	115

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 – Esquema de abastecimento de água desde a captação até aos consumidores. ....	4
Figura 2.1 – Evolução da população servida com abastecimento de água (RASARP 2012). ....	8
Figura 2.2 – Distribuição geográfica das entidades gestoras em alta e baixa (ERSAR, 2010). ....	11
Figura 2.3 – Custo médio anual do serviço de abastecimento de água (utilizador doméstico, consumo médio considerado:120m <sup>3</sup> /ano) (ERSAR,2009). ....	12
Figura 2.4 – Fatura média mensal do serviço de abastecimento de água (consumo médio considerado:120 m <sup>3</sup> /ano), (INSAAR, maio 2010). ....	13
Figura 2.5 – Tarifas e as suas relações com alguns problemas do setor (PEASAR II, 2007). ....	14
Figura 2.6 – Esquema de abastecimento de água. ....	17
Figura 3.1 – Esquema metrológico num sistema de abastecimento de água (Alegre,2008). ....	25
Figura 3.2 – Balanço preliminar com identificação do tipo de perdas associadas a cada fase do percurso da água desde a captação até ao ponto de entrega (Alegre e Coelho 1997). ....	25
Figura 3.3 – Pontos da rede de abastecimento de água onde ocorrem perdas reais frequentes (Moura <i>et al</i> 2004). ....	30
Figura 3.4 – Pontos frequentes de perdas em ramais. ....	31
Figura 3.5 – Medidas de controlo de perdas reais ( adaptado de Lambert <i>et al</i> , 1999). ....	32
Figura 3.6 – Perfil tipo de uma área de gestão da pressão (adaptado de Farley,2001). ....	34
Figura 3.7 – Válvula redutora de pressão (Fonte: Centralplast). ....	35
Figura 3.8 – Divisão da rede de abastecimento em ZMC (Alegre, et al., 2005). ....	36
Figura 3.9 – Gráfico característico do controlo de caudal de uma ZMC (Farley, et al. 2008). ....	36
Figura 3.10 – Tipos de ruídos emitidos pelas fugas que se desencadeiam ao longo das redes dos sistemas de abastecimento de água (SABESP 2009). ....	37

Figura 3.11 – Intensidade e propagação do ruído de uma fuga de acordo com os materiais usados nas redes dos sistemas de abastecimento de água (SABESP 2009). .....	38
Figura 3.12 – Esquema relativo ao volume de água e o tempo perdido nas várias fases de associadas á deteção, localização e reparação das fugas, adaptado (Farley, et al. 2008). .....	42
Figura 3.13 – Trabalhos de substituição de condutas (Serviços Municipalizados de Viana do Castelo). .....	43
Figura 3.14 – Trabalhos de substituição de condutas (Serviços Municipalizados de Viana do Castelo). .....	43
Figura 3.15 – Abordagem económica das perdas reais, (adaptado de Lambert <i>et al</i> , 2005). .....	44
Figura 3.16 – Nível económico das perdas reais (H. Alegre, et al. 2005). .....	47
Figura 3.17 – Redução das perdas de água (Martins, J. P. 2010). .....	51
Figura 3.18 – Evolução para os sistemas de telemedição (Kema.com,2010). .....	55
Figura 3.19 – Principais Componentes de um SDT. ....	56
Figura 3.20 – Integração dos STD com outros agentes no seio de uma EG. ....	59
Figura 3.21 – Integração dos sistemas de informação. ....	60
Figura 3.22 – Temas de Informação. ....	61
Figura 3.23 – Hierarquia da informação. ....	62
Figura 4.1 – Fotografias da placa identificativa, chafariz público e equipas de limpeza dos SMSBVC. ....	67
Figura 6.1 – Concelhos servidos pela gestão das Águas do Noroeste. ....	72
Figura 6.2 – Sistema Adutor dos SMSBVC. ....	73
Figura 6.3 – Evolução do fornecimento de água de aos consumidores. ....	74
Figura 6.4 – Distribuição por tipo de clientes de água. ....	75
Figura 6.5 – Subdivisão das zonas de captação e respectivas áreas de abastecimento. ....	75
Figura 6.6 – Áreas com a implementação de sistemas SIG. ....	77
Figura 6.7 – Locais onde estão implementados sistemas de telemetria. ....	78
Figura 6.8 – Evolução das ocorrências no sistema de abastecimento. ....	79
Figura 6.9 – Evolução das intervenções no sistema de abastecimento. ....	79
Figura 6.10 – Equipamento para a deteção de fugas (loggers e geofone acústico). ....	80

Figura 6.11 – Evolução dos volumes de água entrada no sistema, consumo autorizado e água não faturada.....	81
Figura 6.12 – Localização da zona da Amorosa .....	83
Figura 6.13 – Zona de estudo e monitorização.....	83
Figura 6.14 – Consumo médio diário mensal do ano 2012.....	84
Figura 6.15 – Consumo médio horário mensal do ano 2012 .....	84
Figura 6.16 – Rede de distribuição da Amorosa modelada no EPANET 2.0.....	86
Figura 6.17 – Zonas de medição e controlo implementadas.....	87
Figura 6.18 – Curva de erro dos contadores Aquadis.....	89
Figura 6.19 – Fotografia do contador nstalado. ....	89
Figura 6.20 – Fotografia do Cyble instalado no contador.....	90
Figura 6.21 – Contador Flostar.....	90
Figura 6.22 – Curva de erro do contador Flostar M. ....	91
Figura 6.23 – Balanço hídrico da ZMC1 de 1 a 31 de janeiro de 2013. ....	93
Figura 6.24 – Balanço hídrico da ZMC2 de 1 a 31de janeiro de 2013. ....	94
Figura 6.25 – Balanço hídrico da ZMC3 de 1 a 31 de janeiro de 2013. ....	95
Figura 6.26 – Balanço hídrico da ZMC1 de 1 a 28 de fevereiro de 2013. ....	97
Figura 6.27 – Balanço hídrico da ZMC2 de 1 a 28 de fevereiro de 2013. ....	98
Figura 6.28 – Balanço hídrico da ZMC3 de 1 a 28 de fevereiro de 2013. ....	99
Figura 6.29 – Balanço hídrico da ZMC1 de 1 a 31 de março de 2013. ....	100
Figura 6.30 – Balanço hídrico da ZMC2 de 1 a 31 de março de 2013. ....	101
Figura 6.31 – Balanço hídrico da ZMC3 de 1 a 31 de março de 2013. ....	102
Figura 6.32 – Balanço hídrico da ZMC2 de 30 de janeiro de 2013. ....	104
Figura 6.33 – Balanço hídrico da ZMC2 de 5 de fevereiro de 2013. ....	105
Figura 6.34 – Balanço hídrico da ZMC2 de 27 de fevereiro de 2013. ....	106
Figura 6.35 – Balanço hídrico da ZMC2 de 11 de fevereiro a 11 de março de 2013. ....	107
Figura 6.36 – Balanço hídrico da ZMC2 de 14 de março de 2013. ....	108
Figura 6.37 – Balanço hídrico da ZMC2 de 23 de março de 2013. ....	109
Figura 6.38 – Água não faturada do sistema de abastecimento de janeiro a março. ....	110
Figura 6.39 – Perdas reais do sistema de abastecimento de janeiro a março. ....	111

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Modelos de gestão dos serviços de águas em Portugal. ....	10
Tabela 2.2.– Problemas do setor de abastecimento de água (fonte: PEAASAR II). ....	14
Tabela 2.3 – Órgãos do sistema de abastecimento.....	18
Tabela 2.4 – Tubagens de adução para abastecimento de água. ....	19
Tabela 2.5 – Redes de distribuição de água. (Adaptado de Marques e Sousa, 2009).....	20
Tabela 2.6 – Acessórios e equipamentos de distribuição de água. ....	21
Tabela 3.1 – Perdas Reais por subsistema (origem e extensão) ( <i>Medidas de Redução de Perdas, Elementos para Planeamento</i> . Brasília, 1999.).....	26
Tabela 3.2 – Balanço hídrico proposto pelo IWA (Alegre, et al.,2005). ....	27
Tabela 3.3 – Tipos de perdas nos sistemas de abastecimento em baixa. ....	31
Tabela 3.4 – Medidas de controlo das perdas reais e seus tipos (Martins ,2010). ....	32
Tabela 3.5 – Expoente da lei de vazão de fugas e roturas, (farley, et al., 2008);( greyvensteins. et al., 2005). ....	34
Tabela 3.6 – Equipamentos deteção acústica de fugas.....	39
Tabela 3.7 – Operações para o controlo das perdas reais de acordocom o valor do ILI, adaptado de ( Morriison, Tooms & Hall 2008). ....	46
Tabela 3.8 – Indicadores de desempenho para abastecimento de água - ERSAR.....	49
Tabela 3.9 –.Níveis de Telecontagem (Nuno Medeiros,2007).....	52
Tabela 3.10 – Estágios de Desenvolvimento e indicadores (Martins,2007). ....	53
Tabela 3.11–Subdivisão dos dados de exploração.....	64
Tabela 6.1 – Dados do fornecimento de água em 2012 dos SMSBVC.....	74
Tabela 6.2 – Número de habitantes servidos por cada zona de captação.....	76
Tabela 6.3 – Evolução da percentagem de água não faturada.....	80
Tabela 6.4 – Extensão das condutas e ramais do sistema de abastecimento modelado e monitorizado. ....	85
Tabela 6.5 – Características dos contadores Aquadis.....	88
Tabela 6.6 – Características dos contadores Flostar M.....	91
Tabela 6.7 – Evolução do sistema de abastecimento da Amorosa.....	111
Tabela 6.8 – Evolução do sistema de abastecimento da Amorosa para a ZMC2. ....	112

## **ABREVIATURAS**

AdN – Águas do Noroeste  
AES – Água entrada do sistema  
AF – Água faturada  
ANF – Água não faturada  
CAP – Controlo Ativo de Perdas  
CARL – Current Annual Real Losses  
CMPL – Câmara Municipal de Ponte de Lima  
EE – Estações Elevatórias  
EG – Entidade Gestora  
ELL – Economic Level of Leakage  
ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos  
EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres  
ETA – Estações de Tratamento de Água  
FC – Fibrocimento  
FF – Ferro Fundido  
FFD – Ferro Fundido Dúctil  
GPI – Gestão patrimonial de infraestruturas  
ILI – Infrastructure Leakage Index  
INAG - Instituto Nacional da Água  
INE – Instituto Nacional de Estatística  
INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais  
IWA – International Water Association  
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
MID – Diretiva de Instrumentos de Metrologia.  
PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais  
PEAASAR II – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais  
PEAD – Polietileno de Alta Densidade  
PVC – Policloreto de Vinilo  
RASARP – Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal  
SMSBVC – Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo  
SDT – Sistema de telemetria domiciliária  
UARL – Unavoidable Annual Real Losses  
ZMC – Zona de medição e controlo

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Organização da dissertação**

Esta dissertação é constituída por três pontos distintos

A 1.<sup>a</sup> Parte desta dissertação consiste na apresentação sumária do tema principal do trabalho, seguindo-se uma pequena descrição do problema.

A 2.<sup>a</sup> Parte desenvolve toda a componente teórica, ao longo de três capítulos. No primeiro capítulo, faz-se a apresentação ao tema das perdas de água e a caracterização do sector de abastecimento de água. O segundo capítulo engloba as definições das perdas de água, estando incluídas as perdas reais, a redução das perdas nas redes de abastecimento público e os meios e mecanismos existentes para reduzir as perdas de água. O quarto capítulo contém uma caracterização e contextualização do sistema de abastecimento de água da cidade de Viana do Castelo e uma abordagem às perdas de água do sistema de abastecimento de água do concelho de Viana do Castelo.

A 3.<sup>a</sup> Parte também é desenvolvida em três capítulos, sendo o quinto a apresentação do âmbito e objetivos da dissertação. O sexto engloba a apresentação do estudo de caso cujo objetivo é demonstrar que as técnicas de monitorização de condutas são claramente aplicáveis na gestão das redes de abastecimento, sendo este procedimento enquadrado na redução de custos e do volume de água que se perde ao longo das redes dos sistemas de abastecimento de água. Por último, são efetuadas as considerações finais resultantes da elaboração da presente dissertação assim como orientações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

## **1.2. Apresentação sumária do tema**

O setor de abastecimento de água compreende as atividades de abastecimento de água às populações urbanas e rurais, e às atividades associadas, como os serviços, o comércio e a pequena indústria inserida na malha urbana. Este serviço é considerado de interesse geral, essencial ao bem-estar dos cidadãos, à saúde pública, às atividades económicas e à proteção do ambiente. Por esse facto, deve obedecer a um conjunto de princípios de onde se destacam a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade de serviço, a eficiência e a equidade de preços.

Em Portugal, a captação, transporte e distribuição da água para abastecimento é da responsabilidade das entidades de gestoras (EG). Estas têm a responsabilidade de garantir a eficiência e a eficácia no uso deste recurso natural tão importante.

Nem toda a água que é captada com fim ao abastecimento público é efetivamente aproveitada. A água que não chega às populações, muitas vezes, é perdida e corresponde à água que foi captada e tratada, mas não foi faturada, sendo que contribui para os custos de investimento, operação e manutenção e é um importante indicador da eficiência das entidades responsáveis.

As fugas e roturas das redes de abastecimento podem ter inúmeras origens podendo-se destacar a idade das redes de abastecimento, o tipo de material que as constitui, a extensão das condutas, as classes de pressão, as condições de instalação e qualidade das empreitadas e as condições relativas ao próprio funcionamento da rede, tais como pressões de serviço, variações de pressão e de velocidade, funcionamento. Outro ponto fulcral que pode contribuir para o aparecimento de perdas são as condições externas como os níveis freáticos, o nível de assentamento dos solos e cargas, as variações térmicas, entre outros.

Existem entidades gestoras que ainda desvalorizam a dimensão das perdas de água, embora a crescente consciencialização do setor e a sustentabilidade do mesmo faça com que esse número tenha vindo a diminuir significativamente. As entidades que ainda não têm uma política ativa na redução das perdas de água não dispõem, muito certamente, de dados fiáveis sobre o volume anual de água entrado no sistema e podem, de igual modo, desconhecer, com rigor, o volume de água fornecido aos consumidores. A ineficiente gestão dos volumes de água perdida contribui, largamente, para a ineficácia do sistema e para um forte incremento económico dos encargos das entidades gestoras.

Tendo em vista o aumento da eficiência da gestão da água e das suas perdas, torna-se imprescindível realizar uma abordagem ao controlo das perdas de água em sistemas de abastecimento de água, estabelecendo como meta a adoção de uma atitude proactiva na deteção destas fugas. Uma política ativa no controlo de perdas de água acompanhada de meios técnicos e intervenções ajustada irá aumentar a eficácia do sistema e promover a sustentabilidade económico-financeira e a credibilidade interna e externa da EG.



Existindo uma redução significativa do volume de água não faturado, não será necessário proceder ao tratamento de tanta água e, certamente, existirá um ajustamento real dos tarifários, estando a sustentabilidade económica e ambiental do setor garantida.

Após uma abordagem geral ao setor, pode-se concluir que muito trabalho tem sido desenvolvido nos últimos anos tendo em vista a mitigação deste problema. Pode-se constatar, também, que em muitos casos as entidades gestoras apresentam percentagens de água não faturada consideradas boas e isso resulta de políticas orientadas para a sustentabilidade e combate às fugas e perdas. No entanto, ainda há muito para fazer dado que se verifica que muitas entidades estão longe de obter resultados satisfatórios.

A presente dissertação visa permitir atender às atuais e futuras necessidades dos sistemas de abastecimento de água de modo a controlar as perdas de água. A adoção de bons níveis de eficiência possibilita a redução de custos, a aplicação de tarifas reais e promoção da proteção do meio ambiente, a satisfação dos clientes e a sustentabilidade do setor numa altura em que a crise económica gera maior racionamento dos investimentos e otimização dos recursos existentes. Pretende-se fazer mais trabalho com o menor custo de investimento/operação possível. Por todos os pontos enunciados anteriormente torna-se justificável esta abordagem que se pretende que contribua para a melhoria do setor.

Para permitir um maior entendimento, na Figura 1.1, encontra-se representado o esquema de abastecimento de água desde a captação até aos consumidores, onde podem ocorrer perdas de água quer na componente em alta quer em baixa.

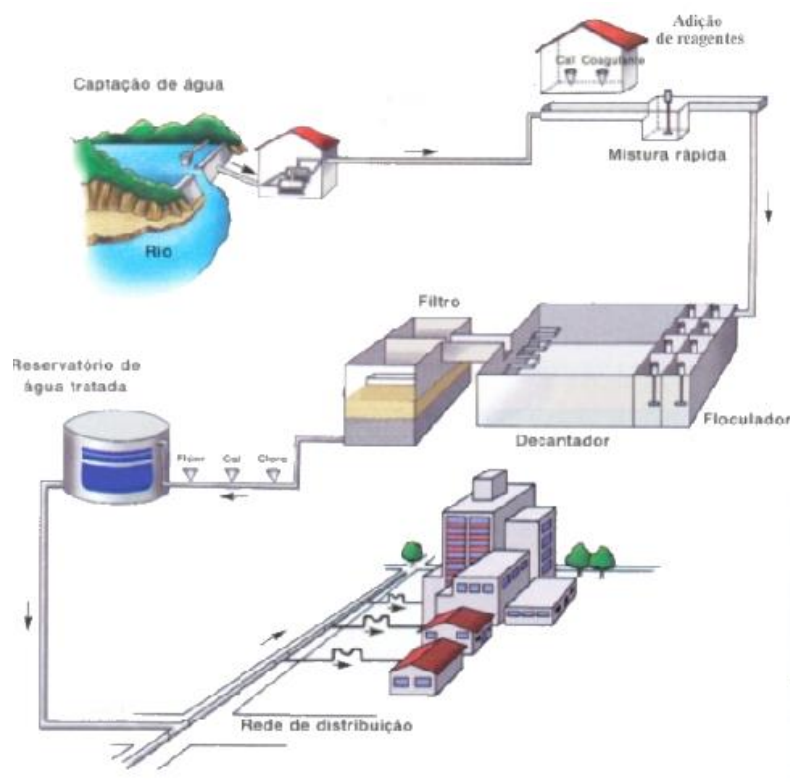


Figura 1.1 – Esquema de abastecimento de água desde a captação até aos consumidores.

## 2. ENTIDADES GESTORAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E AS SUAS PERDAS DE ÁGUA

### 2.1. Introdução

As entidades gestoras de abastecimento de água em Portugal têm vindo a desenvolver um crescente esforço no sentido de diminuir o volume de água perdida nas redes. Este problema vai assumindo uma crescente importância dado que, cada vez mais, se privilegia a sustentabilidade, e o caminho a que todos nós nos devemos propor terá obrigatoriamente de ser no sentido de uma maior eficiência do sistema. Sendo a água um recurso essencial à vida de todos os seres vivos, a sua gestão e eficiência assumem um papel preponderante, mediático e político que se agrava sempre que existe escassez da mesma ou quando existem graves problemas nos sistemas de abastecimento às populações.

As entidades gestoras, por sua vez, têm a seu cargo um enorme desafio: reduzirem ao máximo a quantidade de água perdida. Note-se que nenhum sistema é 100% eficaz e que tanto os países desenvolvidos como os países em via de

desenvolvimento se deparam com este problema. As quantidades de água perdida são mais elevadas nos países em desenvolvimento devido ao próprio sistema sanitário que, em muitos casos, tem falhas graves.

Tendo em vista a redução dos volumes de água perdida, as entidades gestoras têm desenvolvido políticas e direcionado recursos para mitigar este fenómeno. No entanto, o sucesso de cada entidade varia muito de caso para caso. Esta variação tem inúmeros fatores e dado que os sistemas são bastante complexos, existe uma má gestão e, muitas vezes, não existem meios técnicos e conhecimento que permitam identificar as fugas num curto período de tempo.

De entre os problemas técnicos, podem-se realçar a falta de uma política proativa desenvolvida para a deteção das fugas, o facto de as pessoas não estarem orientadas para este trabalho, do planeamento do dia-a-dia não contemplar esta vertente e de as reparações só ocorrerem quando alguém fica sem água ou a fuga é visível superficialmente.

Como resultado, assiste-se a sistemas de abastecimento de água com deficiente manutenção das infraestruturas, decorrendo, daí, a prestação de um serviço de má qualidade. Existem fugas invisíveis que se prolongam por vários anos e as roturas na rede são frequentes.

Apesar de em algumas entidades já estarem a ser desenvolvidas e implementadas políticas que promovam a deteção proactiva das fugas, na grande maioria dos casos ainda existe uma atitude de despesismo, comprometendo-se, assim, o desempenho dos sistemas e contribuindo em larga escala para sua ineficiência.

Por todas estas razões, a maioria das cidades apresentam elevados volumes de água não faturada, em muitos casos superiores a 50% da água tratada para abastecimento às populações. A diferença entre a água que é tratada para ser distribuída pelos consumidores e a água que é cobrada a esses mesmos consumidores demonstra o desempenho e eficiência dos sistemas explorados pelas entidades gestoras (EG).

Constata-se que, em muitos casos, as entidades gestoras não fazem qualquer quantificação do volume de água perdida que os mecanismos de que dispõem são desajustados às necessidades atuais e se encontram em avançado estado de degradação. Podem também surgir deficiências ao nível dos contadores domésticos, o que contribui para o aumento do volume de água perdida. A qualidade dos materiais

utilizados e os acabamentos de má qualidade levam a uma contínua degradação das redes de abastecimento de água.

Verifica-se, também, que muitas EG desconhecem quer o volume de água entrado no sistema quer o volume de água não faturado, o que inviabiliza qualquer estratégia de redução de perdas. Perante este panorama de ineficiência, na maioria dos sistemas de abastecimento de água em Portugal, pelo menos 50% da água comprada é desperdiçada, podendo mesmo ascender a 80% em alguns casos. (Lima, D. 2011).

Muitas entidades gestoras não promovem uma política ativa no planeamento, controlo e manutenção, renovação e substituição das suas infraestruturas, por um lado porque os custos podem ser elevados e são privilegiados outros investimentos, por outro lado porque as infraestruturas que se encontram no subsolo não permitem que seja visível o seu estado de conservação, deixando os materiais irem ao seu limite intervindo apenas em situações de necessidade ou no âmbito de políticas de renovação de condutas.

Segundo Rudolf (2010), um dos elementos-chave para o sucesso dos países e sociedades foi o tratamento adequado da água.

Garantir um sistema de abastecimento de água eficaz e eficiente, com controlo de perdas de água, é fundamental. Sem água, o Homem não sobreviverá mais de três dias, com água insalubre não sobreviverá mais do que três meses, mas com água de qualidade podemos viver até aos 100 anos.

## **2.2. O setor de abastecimento de água em Portugal**

O setor de serviços de abastecimento de águas compreende as atividades de abastecimento de água às populações urbanas e rurais e às atividades associadas. Este serviço é considerado essencial ao bem-estar dos cidadãos, à saúde pública e à proteção do ambiente. O serviço de abastecimento deve garantir uma elevada qualidade de serviço, ser acessível a todos e as suas tarifas devem ser equitativas.

O setor de abastecimento está atualmente dividido em dois grupos tendo em conta as seguintes designações:

Sistemas em alta que se caracterizam pelos serviços de captação, tratamento e distribuição de água até às entidades gestoras que farão a sua distribuição às populações - sistemas multimunicipais.

Sistemas em baixa que se caracterizam pelas redes de distribuição desde os pontos de entrega do sistema em alta até ao consumidor final - sistemas municipais.

O governo português, até ao ano de 1993, não foi capaz de desenvolver políticas ativas para incrementar este setor, como seria desejável, de modo a garantir os princípios do sistema de abastecimento de água enunciados anteriormente. No entanto, percebendo que o caminho traçado até então não estava orientado para o desenvolvimento do setor, aprovou o Decreto-Lei n.º 372/93, de 29 de outubro, e o Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de novembro, que visavam a reorganização legislativa até então existente.

- Responsabilizar as autarquias nos serviços de distribuição de água, devendo o investimento ser complementado pela Administração Central, no que diz respeito às atividades em alta;
- Possibilitar aos municípios contratarem a concessão da gestão da água a empresas privadas especialistas nestes sistemas;
- Criar condições para que capitais privados tenham a possibilidade de, juntamente com os sistemas municipais e multimunicipais, desenvolverem projetos de maior dimensão.

No ano de 2000, é aprovado o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR). Este plano, entre outros pontos, definiu que, no período de 2000 a 2006, as populações portuguesas tinham que ser servidas a 90% e 95%, respetivamente, com sistemas de saneamento de águas residuais e sistemas de abastecimento de água.

Este plano teve um papel importantíssimo no desenvolvimento do setor e nos modelos de gestão que, ainda hoje, vigoram, tendo, como é óbvio, escalas e orientações de gestão que variam de entidade para entidade.

Desde 1990, em que a percentagem de atendimento de abastecimento de água era de 80%, tem-se verificado um aumento significativo que advém das políticas nacionais, mas, sobretudo, dos apoios comunitários. Atualmente, 95% da população é servida pelo abastecimento de água de acordo com Inventário Nacional de

Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residual (INSAAR, 2010) e ERSAR 2012 como se pode constatar pela Figura 2.1.



**Figura 2.1 – Evolução da população servida com abastecimento de água (RASARP 2012).**

Na sequência do PEAASAR, foi implementada uma nova versão: o PEAASAR II tendo por vista a otimização dos sistemas de abastecimento em alta e em baixa. Este programa promove a eficiência dos sistemas tendo em vista a redução de custos, estabelece os modelos de financiamento e as linhas de orientação dos tarifários.

Este plano tem na sua génese o desenvolvimento de projetos que permitam articular os sistemas de alta e baixa e está também muito direcionando para a eficiência dos sistemas em baixa, assim como para a redução das perdas de água.

Para este efeito, são propostas parcerias entre o estado e as autarquias que tenham em vista a integração dos sistemas municipais em sistemas multimunicipais existentes, a criação e a regulamentação da gestão dos sistemas municipais de uma legislação que regulamente as concessões em baixa. No que se refere aos sistemas de gestão, são definidas orientações para que se realizem fusões entre sistemas vizinhos tendo por base obter maior escala e mais-valias ambientais.

## **2.3. A gestão da água e os modelos adotados**

### **2.3.1. Modelos de gestão**

A gestão da água em Portugal é da responsabilidade do estado e dos municípios. O estado tem a responsabilidade de gerir os sistemas multimunicipais e os municípios gerem os sistemas municipais. No que toca aos sistemas municipais e seguindo as orientações do PEAASAR, a gestão e a exploração dos sistemas municipais pode ser diretamente realizada pelas respetivas autarquias (através dos serviços municipais ou municipalizados) ou atribuída, mediante contrato de concessão, a entidades públicas ou privadas de natureza empresarial ou a associações de utilizadores. De acordo com a legislação existente, podem ser adotados vários modelos:

- Modelo de gestão municipal;
- Participação minoritária no capital das EG concessionárias multimunicipais;
- Participação minoritária no capital das empresas municipais, intermunicipais ou metropolitanas;
- Concessão do município em terceira entidade pública ou privada.

Na Tabela 2.1 resumem-se os diversos modelos de gestão passíveis de serem utilizados no setor das águas em Portugal, indicando, para cada caso, o tipo de entidade e parceria aplicável.

**Tabela 2.1 – Modelos de gestão dos serviços de águas em Portugal.**

Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Estado (não existe atualmente qualquer caso)	Não aplicável
Delegação	Empresa pública (existe só o caso da EPAL)	Não aplicável
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da EG concessionária, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados.
Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal		
Gestão direta	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados	Não aplicável
	Associação de municípios (serviços intermunicipalizados)	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público, integrada por vários municípios
Delegação	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da EG da parceria
	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (constituída nos termos da lei comercial ou como entidade empresarial local)	Eventual participação de vários municípios no capital social da EG, no caso de serviço intermunicipal pode ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Junta de Freguesia e associação de utilizadores	Acordos ou protocolos de delegação entre município e Junta de Freguesia ou associação de utilizadores
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Parceria Público-Privada (município(s)) e outras Entidades privadas

O Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) de 2012 refere que, na prestação em baixa dos serviços de abastecimento de água, os serviços municipais são o tipo de modelo de gestão com maior representatividade (191 municípios, 62% do total do país), abrangendo cerca de 3,1 milhões de pessoas (30,5%). Embora abrangendo um menor número de municípios, as concessionárias municipais (32 municípios), as empresas municipais e intermunicipais (29 municípios) e os serviços municipalizados (24 municípios) apresentam um número considerável de população abrangida, cerca de 1,8 milhões de habitantes, 1,7 milhões de habitantes e 2,2 milhões de habitantes, respetivamente, Figura 2.2.

São apresentados os indicadores gerais do mercado de serviços de abastecimento público de água tanto para a componente em alta como para a componente em baixa, apresentando-se o número de EG envolvidas e a sua abrangência em termos populacionais.



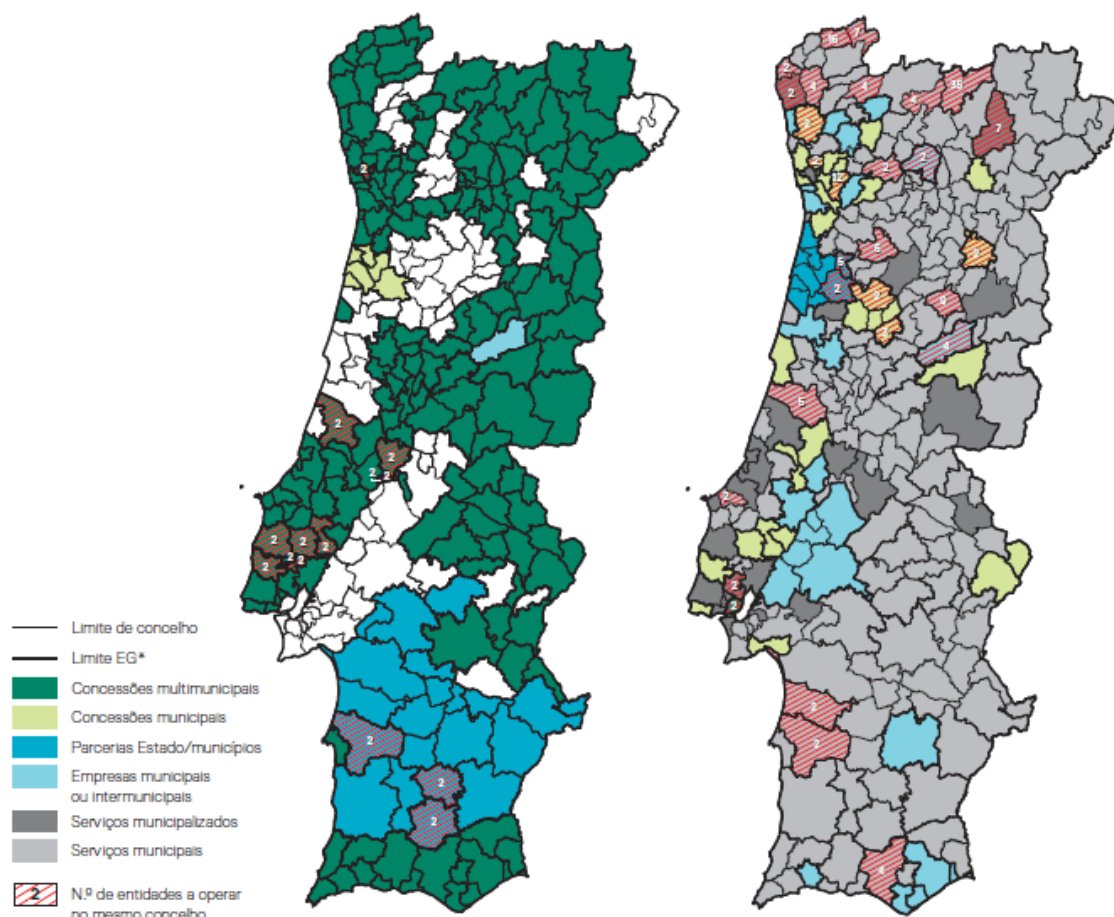


Figura 2.2 – Distribuição geográfica das entidades gestoras em alta e baixa (ERSAR, 2012).

### 2.3.2. Tarifas

O custo indexado ao abastecimento de água é regido através de legislação específica. A sua variação está dependente de um conjunto de fatores que, em boa parte, se relacionam com os modelos adotados pelas entidades gestoras. A Diretiva-Quadro da Água transposta para a ordem jurídica interna através da Lei-Quadro da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro) e estabelece a definição dos preços dos serviços de abastecimento.

O tarifário aplicado tem que traduzir a recuperação dos custos de investimento inicial, operação e serviço, custos ambientais e sociais.

As tarifas aplicadas atualmente consistem, predominantemente, numa componente fixa e numa variável. O tarifário tem por base escalões de consumos e, consoante se ultrapasse o primeiro escalão que representa a parte fixa do custo, o valor a pagar pelo fornecimento de água vai variando.

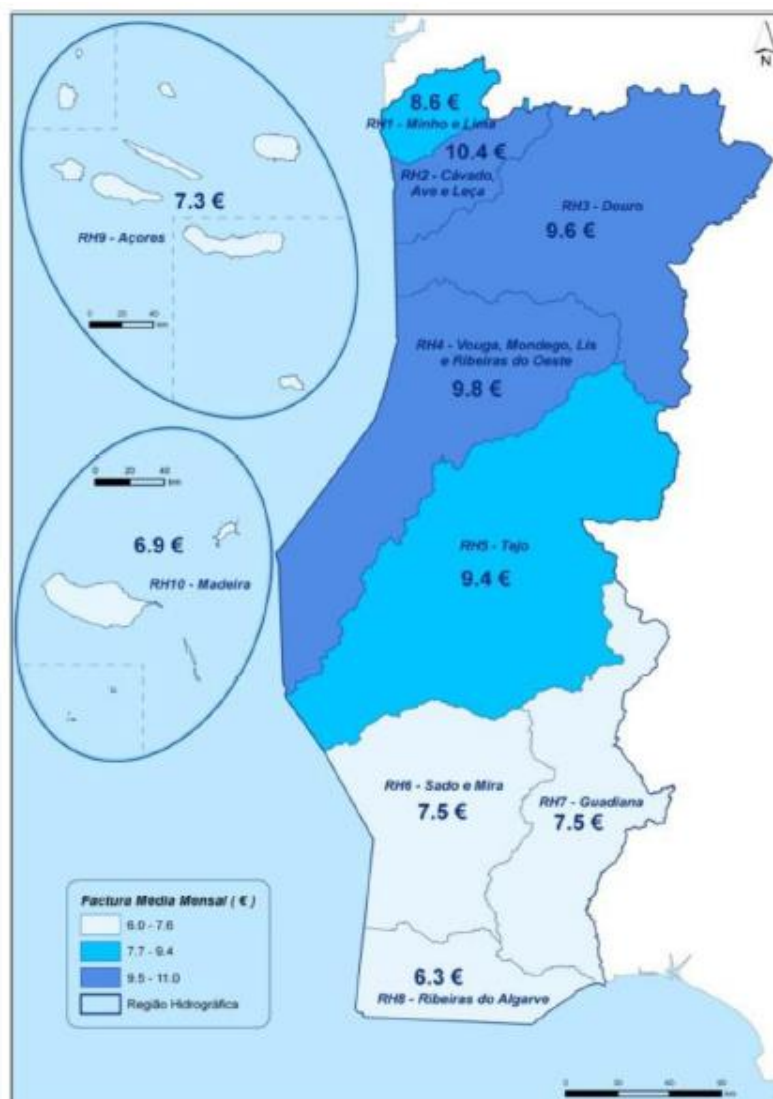
De acordo com um estudo levado a cabo pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), relativo às tarifas cobradas em 2011, o encargo médio do serviço de abastecimento de água para um utilizador doméstico que consuma 120 m<sup>3</sup> de água por ano ronda os 98,23 €, o que corresponde a um encargo de 0,82 €/m<sup>3</sup>. Se considerarmos o critério do preço médio ponderado, por ser o mais adequado á realidade o valor médio do encargo à escala nacional eleva-se para 113,19 €, Figura 2.3.

	120 m <sup>3</sup> - 2011			
	Preço médio (€/m <sup>3</sup> )	Valor (€)	Preço médio ponderado (€/m <sup>3</sup> )	Valor (€)
<b>Nacional</b>	<b>0,819</b>	<b>98,23</b>	<b>0,945</b>	<b>113,39</b>
Norte	0,861	103,33	1,016	121,89
Centro	0,914	109,71	1,004	120,49
Lisboa e Vale do Tejo	0,887	106,48	0,962	115,39
Alentejo	0,723	86,74	0,772	92,60
Algarve	0,706	84,69	0,724	86,84
Açores	0,573	68,71	0,721	86,57
Madeira	0,607	72,80	0,677	81,25

**Figura 2.3 – Custo médio anual do serviço de abastecimento de água (utilizador doméstico, consumo médio considerado.120m<sup>3</sup>/ano) (ERSAR,2011).**

Como referido anteriormente as tarifas variam bastante de entidade para entidade.

A Figura 2.4 pretende demonstrar a variação dos preços praticados nas diferentes regiões hidrográficas, constatando-se fortes discrepâncias de região para região.



**Figura 2.4 – Fatura média mensal do serviço de abastecimento de água (consumo médio considerado: 120 m<sup>3</sup>/ano), (INSAAR, maio 2010).**

O custo da água, tendo em vista a sustentabilidade do setor, deve representar, segundo PEAASAR II, o equilíbrio entre três fatores:

- Cobrir os custos de serviço;
- Ter tarifas aceitáveis socialmente;
- Possuir tarifas de forma a salvaguardar o uso eficiente da água e a proteção do meio ambiente.

Na Figura 2.5 pode-se constatar quais os problemas existentes no setor e a sua relação com as tarifas existentes.



Figura 2.5 – Tarifas e as suas relações com alguns problemas do setor (PEASAR II, 2007).

### 2.3.3. Principais problemas do sector

Apresentam-se na Tabela 2.2.a,

Tabela 2.b os principais problemas do setor de abastecimento de água, segundo o Ministério do Ambiente (2007), identificados devidamente no PEAASAR II, sendo eles:

- Problemas de natureza estrutural;
- Problemas de natureza operacional;
- Problemas de natureza económica e financeira;
- Problemas de natureza ambiental.

Tabela 2.2.a – Problemas do setor de abastecimento de água (fonte: PEAASAR II).

Setor de Abastecimento da Água	
Problemas de natureza estrutural	<p>Não estão atingidos os níveis adequados de atendimento às populações, tanto em qualidade como em quantidade a fim de salvaguardar a proteção ambiental;</p> <p>Inexistência de integração das várias fases do ciclo urbano da água dado que a gestão da água de abastecimento e residual é feita separadamente;</p> <p>Inexistências de sistemas de gestão com escala económica elevada;</p> <p>Insuficiente regulamentação dos atuais modelos de gestão (serviços autárquicos, serviços municipalizados, empresas municipais);</p>

**Tabela 2.2.b – Problemas do setor de abastecimento de água (fonte: PEAASAR II).**

Problemas de natureza operacional	Falta de capacidade técnica, material e ausência de políticas proactivas na gestão dos sistemas de abastecimento;  Falhas na qualidade de água fornecida, assim como no controlo dos seus parâmetros físicos, químicos e organoléticos;  Elevados volumes de água não faturados nos sistemas de abastecimento de água;  Elevado nível de degradação e envelhecimento de muitos sistemas que originam muitas avarias;
Problemas de natureza económica e financeira	Enorme variabilidade de tarifários e desajustamento entre a qualidade do serviço prestado;  Ausência de transparência na faturação e harmonização dos preços praticados;  Dificuldades elevadas de financiamento e desajustamento das tarifas face aos investimentos praticados a fim de promover a sustentabilidade do setor;  Elevado nível de dívidas dos municípios às empresas concessionárias multimunicipais e municipais;
Problemas de natureza ambiental	Incumprimento de alguma legislação ambiental em vigor; Necessidade de adaptação das infraestruturas construídas às exigências futuras; Insuficiente regulamentação dos serviços não concessionados.

Tendo em vista a resolução de todos estes problemas, o setor de abastecimento de água tem pela frente uma nova abordagem na melhoria e desenvolvimento dos seus sistemas. As entidades com responsabilidade pela gestão da água têm que direccionar esforços para:

- Promover a sustentabilidade global dos sistemas e terminar as infraestruturas em alta;

- Garantir a sustentabilidade do setor em baixa e dar por concluídas as infraestruturas em curso, vislumbrando a cada etapa a execução de novos investimentos;
- Adotar tarifários realistas tendo em conta toda a conjuntura e garantir a sustentabilidade do setor;
- Garantir o cumprimento integral da legislação ambiental e do serviço público;
- Adotar políticas ativas que promovam a gestão patrimonial das infraestruturas;
- Diminuir as perdas de água até para 30% no ano de 2012, nos casos em que se verifique perdas de 50%, e até 2020 apresentar níveis de água não faturada de 15%. (Fonte: PEAASAR II).

#### **2.4. O ciclo de abastecimento de água e seus órgãos**

O sistema de abastecimento de água encontra-se dividido em várias etapas, tendo todas elas um grande grau de especificidade. Não será possível desenvolver um trabalho sobre perdas de água sem que se perceba a constituição dos sistemas de abastecimento de água no seu todo.

O abastecimento de água começa com a captação (origem da água), seguindo-se a elevação em estações elevatórias (EE), o tratamento físico e químico nas estações de tratamento de água (ETA), o transporte desde a ETA até aos reservatórios de armazenamento (adução), a distribuição e a utilização.

Como foi referido, desde a captação da água até à entrega nos reservatórios de armazenamento o sistema é considerado em alta. O sistema em baixa estabelece a distribuição dos reservatórios até às populações, compreendendo, deste modo, as condutas adutoras gravíticas, a rede de distribuição e aos ramais de ligação, Figura 2.6. Em casos particulares, podem ser usadas estações elevatórias ou hidropressoras no sistema em baixa.

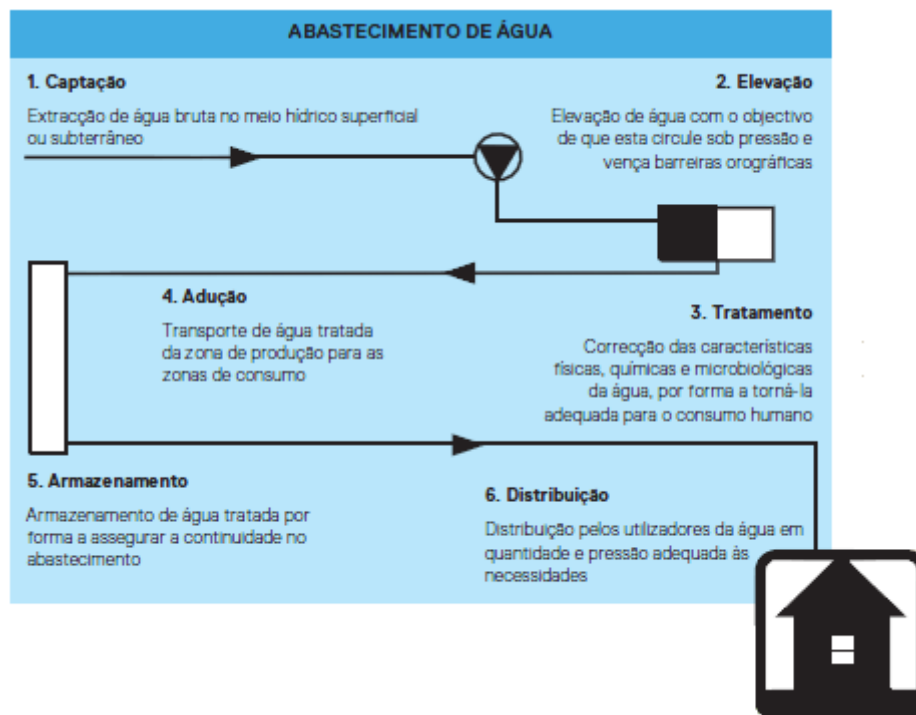


Figura 2.6 – Esquema de abastecimento de água.

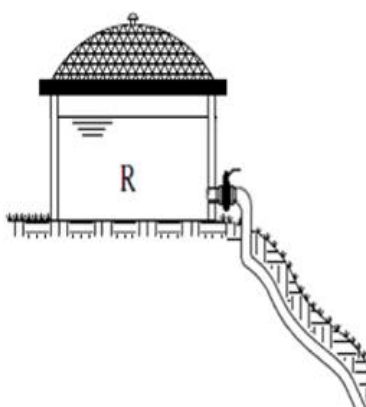
Os sistemas de abastecimento são compostos por:

- **Ponto de captação** – Extração de água bruta do meio hídrico superficial ou subterrâneo;
- **EE** – Elevação de água com o objetivo de que esta circule sob pressão e vença barreiras orográficas;
- **ETA** – Correção das características físicas, químicas e microbiológicas da água, de forma a torná-la adequada para o consumo humano conforme a legislação aplicável;
- **Adutora** – Transporte de água tratada da zona de produção ou armazenamento para as zonas de consumo;
- **Reservatórios de distribuição** – Armazenamento de água tratada de forma a assegurar a continuidade no abastecimento;
- **Rede de distribuição** – Distribuição da água pelos utilizadores em quantidade e pressão adequada às suas necessidades e de acordo com a legislação vigente (ERSAR, 2009).

Para um melhor entendimento do sistema de abastecimento em baixa e dado que a dissertação está focada nas perdas reais de abastecimento em baixa, será detalhado todo o sistema e seus órgãos.

O ponto de partida de qualquer sistema de abastecimento em baixa são os reservatórios de distribuição de água. Nesses reservatórios, é entregue a água que provém do sistema em alta, esta apresenta todas as características necessárias de forma a cumprir os parâmetros requeridos para o consumo humano Tabela 2.3.

**Tabela 2.3 – Órgãos do sistema de abastecimento.**

Reservatórios		
Reservatório de Distribuição	<p>Assegurar a regularização entre os caudais aduzidos e os caudais distribuídos pela rede;</p> <p>Dispor de reservas para combate a incêndios;</p> <p>Constituir reserva para assegurar a distribuição de água em casos de acidentes, na captação ou outras anomalias que impliquem o corte do fornecimento de água no âmbito das atividades desenvolvidas pela componente em alta.</p>	 <p>Reservatório de distribuição (Marques e Sousa 2009)</p>

A Tabela 2.4 apresenta algumas das tubagens existentes mais utilizadas nas redes de abastecimento de água.

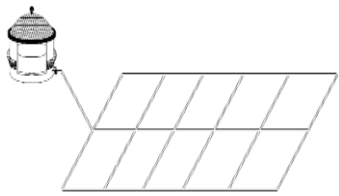
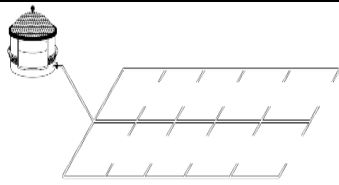
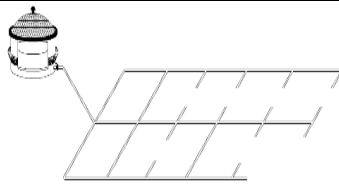


**Tabela 2.4 – Tubagens de adução para abastecimento de água.**

Condutas de distribuição		
Policloreto de Vinílico (PVC)	Condutas e ramais de distribuição de água.	 <p>Tubagem em PVC (Sival)</p>
Polietileno de alta densidade (PEAD)	Condutas e ramais de distribuição de água.	 <p>Tubagem em PEAD (Sival)</p>
Ferro Fundido (FF)	Condutas e ramais de distribuição de água.	 <p>Tubagem em FF (Maquimotor)</p>
Fibrocimento (FC)	Condutas e ramais de distribuição de água.	 <p>Tubagem em FC (Construlink)</p>
Ferro fundido ductil (FFD)	Condutas e ramais de distribuição de água.	 <p>Tubagem em FFD (Saint-gobain)</p>





As tubagens de abastecimento de água podem estar dispostas de maneira diferente consoante o tipo de distribuição pretendida, como se pode constatar pela Tabela 2.5.

**Tabela 2.5 – Redes de distribuição de água. (Adaptado de Marques e Sousa, 2009)**

Redes de Distribuição		
Rede Emalhada	Esquema de funcionamento e distribuição das condutas de abastecimento de água	
Rede ramificada	Esquema de funcionamento e distribuição das condutas de abastecimento de água	
Rede Mista	Esquema de funcionamento e distribuição das condutas de abastecimento de água	

As redes de distribuição possuem um conjunto de acessórios que permitem o manuseamento e o controlo da rede para o modo operacional, a segurança e o funcionamento, Tabela 2.6.a. e na Tabela 2.6 b.

**Tabela 2.6a – Acessórios e equipamentos de distribuição de água.**

Acessórios e Equipamentos de distribuição		
Válvulas de seccionamento	Interrompem o escoamento e isolam troços da rede.	 <p>Válvula de seccionamento (Fucoli – Somepal)</p>
Válvulas de retenção	Evitam a inversão do sentido de escoamento.	 <p>Válvula de retenção (Fucoli – Somepal)</p>
Descargas de fundo	Possibilita o esvaziamento e limpeza das condutas.	 <p>Descarregador de fundo ( Fucoli – Somepal)</p>
Ventosas	Permite a libertação de ar existente no interior das condutas.	 <p>Ventosa (Fucoli – Somepal)</p>

**Tabela 2.6b – Acessórios e equipamentos de distribuição de água.**

Acessórios e Equipamentos de distribuição		
Juntas de ligação	Promovem a ligação entre vários elementos.	 <p>Junta de ligação (Fucoli – Somepal)</p>
Juntas cegas	Tamponam as extremidades das condutas.	 <p>Junta Cega (Fucoli – Somepal)</p>
Marcos de incêndio	Ponto de água para combate a incêndios.	 <p>Marco de incêndio (Fucoli – Somepal)</p>
Bebedouros e fontanários	Permitem obter água para consumo humano.	 <p>Bebedouro (Fucoli – Somepal)</p>
Medidores de caudal	Medem a quantidade de água que passa por determinado troço ou local.	 <p>Medidor de caudal electromagnético (tecnilab.pt)</p>
Estações elevatórias	Promovem a elevação da água para cotas mais elevadas que o escoamento gravítico não permite alcançar.	 <p>Estação Elevatória ETA S. Jorge (Águas do Noroeste - Componente em alta que tem o mesmo princípio de funcionamento que os sistemas elevatórios da rede em baixa)</p>

### **3. ESTADO DA ARTE**

#### **3.1. As perdas de água em sistemas de abastecimento de água**

##### **3.1.1. Introdução**

Desde os tempos longínquos da Roma antiga que os sistemas de abastecimento não apresentavam a eficácia desejada. Já nessa altura existia a consciência de alguma eficiência e foram desenvolvidos mecanismos que quantificavam a água perdida. Apesar do longo período temporal que separa a construção dos primeiros sistemas de abastecimento de água e depois da enorme evolução que os mesmos tiveram, existe um problema que sempre acompanhou e acompanha a eficiência dos sistemas de abastecimento de água. Na atualidade, apesar de se ter uma consciência cada vez mais sustentável, verifica-se que muitos sistemas de abastecimento apresentam 50% de água não faturada podendo esse valor chegar aos impressionantes 80%. Todas estas perdas demonstram a elevada ineficiência que grande parte dos sistemas apresentam, em muitos casos justificada pela ausência de políticas proativas na procura e resolução deste problema por parte das entidades gestoras que não desenvolvem políticas ativas na procura e resolução deste problema.

As entidades gestoras, cientes da necessidade que o setor tem em ser sustentável e tendo em conta os ganhos económico-financeiros, proveitos ambientais e sociais, têm que procurar uma redução urgente das perdas de água, que permitirão, entre outras medidas, atingir os objetivos legislados, obter tarifas reais e otimizar o setor sem haver desperdícios de um bem cada vez mais escasso.

Durante a última década, um grande esforço tem sido feito por muitas organizações, incluindo a *International Water Association (IWA)*, a fim de promover novos conceitos e métodos para melhorar a eficiência na gestão dos sistemas de água, em particular na redução da água não faturada ANF.

##### **3.1.2. Definição de perdas de água**

Os sistemas de abastecimento de água, em momento algum, podem ser considerados estanques. Existe sempre alguma água que se perde e, como tal, é necessário perceber de que tipo de perda se trata.

O conceito de “perda de água” pode seguir uma analogia com a economia dado que a “perda” representa “bem ou recurso consumido, mas não contabilizado no balanço final”.

Portanto, em todas as entidades ocorrem perdas. Estas variam de local para local e são tanto maiores quanto menor o esforço feito pelas entidades gestoras para a sua mitigação.

Para que se possa efetuar um combate sério às perdas de água, é necessário perceber quais os parâmetros que estão imputados às perdas de água, Tabela 3.1. Esta perceção e esta visão permitem orientar o trabalho e dar respostas específicas desde o controle e monitorização de situações concretas e reais que variam de rede para rede e de local para local.

Assim será necessário perceber:

- Qual o volume de água perdido no sistema?
- Onde é que este se perde?
- Por que é que se perde?
- Que ações podem ser introduzidas para reduzir as perdas de água e melhorar o desempenho do sistema?
- Como podemos manter o controlo das perdas de água e sustentar os resultados já atingidos?

As perdas reais, Figura 3.2, representam o volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas, através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos, depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga. Apesar das perdas físicas localizadas a jusante do contador do cliente se encontrarem geralmente excluídas do cálculo das perdas reais, são muitas vezes significativas e relevantes para a entidade gestora, em particular quando não há medição.

As perdas aparentes constituem a parcela das perdas que contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, assim como o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). Os registos por defeito dos medidores de água produzida, bem como registos por excesso em contadores de clientes, levam a uma subavaliação das perdas reais.

Depois de se perceber a rede na sua globalidade e especificidade, podem-se definir locais estratégicos de medição onde o controlo é efetuado de forma séria para que os dados possam ser tratados, analisados e dessa análise possam sair diretrizes para o combate às perdas de água, Figura 3.1.

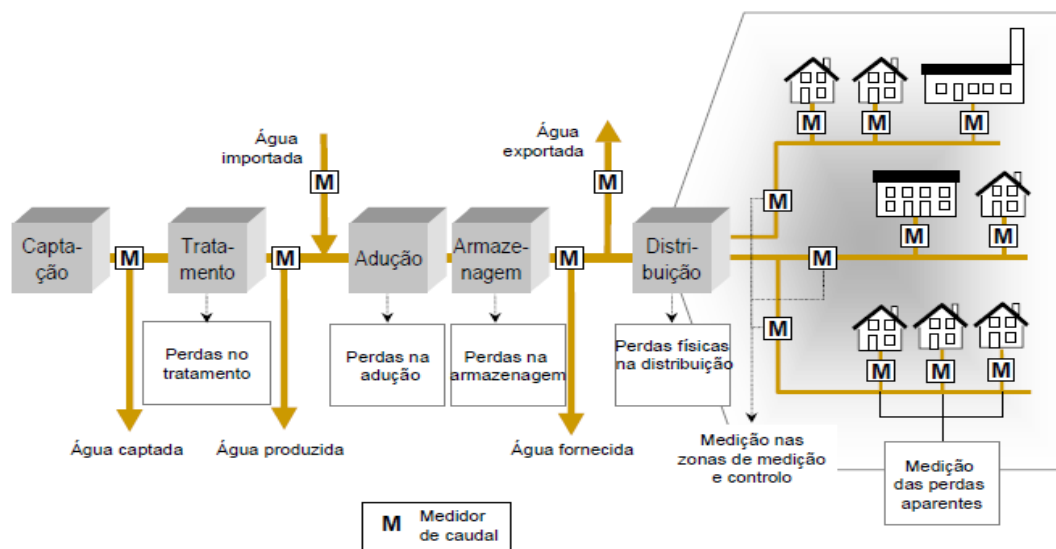


Figura 3.1 – Esquema metrológico num sistema de abastecimento de água (Alegre,2008).



Figura 3.2 – Balanço preliminar com identificação do tipo de perdas associadas a cada fase do percurso da água desde a captação até ao ponto de entrega (Alegre e Coelho 1997).

**Tabela 3.1 – Perdas Reais por subsistema (origem e extensão) (*Medidas de Redução de Perdas, Elementos para Planeamento. Brasília, 1999.*).**

Perdas Reais	Fração do sistema	Origem da perda	Extensão
	Captação de água bruta	Perdas nas tubagens Limpeza do poço de bombagem	Variável, depende do estado das instalações
	Estação de tratamento	Perdas na estrutura Limpeza de filtros Descarga de Lamas	Significativa, em função do estado das instalações e da falta de eficiência de operação
	Armazenamento	Limpeza Perdas estruturais Extravasamentos	Variável, em função do estado das instalações e da eficiência da operação
	Adução	Descargas Limpeza do poço de bombagem Perdas na tubagem	Variável, em função do estado das tubagens e da eficiência operacional
	Distribuição	Perdas na rede Perdas nos ramais Descargas	Significativa, em função do estado das tubagens e principalmente das pressões

### 3.1.3. Balanço hídrico

O balanço hídrico é calculado com base na medição ou estimativa do volume de água captada, importada, exportada, armazenada e distribuída. Para que o cálculo seja realista, as medições têm que ser realizadas ao longo de toda a rede, tanto nas entradas de água como nas saídas.

O cálculo do balanço hídrico pode ser realizado para todos os sistemas ou para os subsistemas. Aconselha-se uma periodicidade de um ano de intervalo para que os desfasamentos entre os intervalos de leituras dos contadores não influenciem o seu cálculo (Alegre, *et al.*, 2005).

O cálculo do balanço hídrico apresenta, tanto a nível nacional como internacional, bastante ambiguidade, tendo surgido a necessidade de uniformizar os conceitos e as terminologias, de modo a torná-las aceitáveis internacionalmente e adaptáveis a todas as entidades gestoras. Neste aspeto, destaca-se o trabalho desenvolvido pela IWA, Tabela 3.2, tendo em conta que passou a permitir a comparação do desempenho entre os vários operadores do sector, a nível nacional e internacional (Farley, 2003).



Tabela 3.2 – Balanço hídrico proposto pelo IWA (Alegre, et al.,2005).

Água entrada no sistema [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado [m <sup>3</sup> /ano]	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m <sup>3</sup> /ano]	Água facturada
		[m <sup>3</sup> /ano]	Consumo facturado não medido [m <sup>3</sup> /ano]	[m <sup>3</sup> /ano]
		Consumo autorizado não facturado	Consumo não facturado medido [m <sup>3</sup> /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m <sup>3</sup> /ano]
		[m <sup>3</sup> /ano]	Consumo não facturado não medido [m <sup>3</sup> /ano]	
	Perdas de água [m <sup>3</sup> /ano]	Perdas aparentes	Uso não autorizado [m <sup>3</sup> /ano]	
		[m <sup>3</sup> /ano]	Erros de medição [m <sup>3</sup> /ano]	
		Perdas reais	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m <sup>3</sup> /ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m <sup>3</sup> /ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m <sup>3</sup> /ano]	

Neste sentido torna-se necessário apresentar um conjunto de conceitos:

**Água entrada no sistema:** volume anual introduzido na parte do sistema de abastecimento de água que é objeto do cálculo do balanço hídrico.

**Consumo autorizado:** volume anual de água, medido ou não medido, faturado ou não, fornecido a consumidores registados, a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais ou industriais e à própria entidade gestora.

**Perdas de água:** volume correspondente à diferença entre o volume de água entrado no sistema e o consumo autorizado. As perdas de água dividem-se em perdas reais e perdas aparentes.

- **Perdas reais:** volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de

perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência do caudal e da duração média de cada fuga.

- **Perdas aparentes:** esta parcela das perdas contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida (ou água entrada no sistema) e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito).

**Água não faturada:** volume de água correspondente à diferença entre os totais anuais da água entrada no sistema e do consumo autorizado faturado. A água não faturada inclui não só as perdas reais e aparentes, mas também o consumo autorizado não faturado.

**Água faturada:** volume correspondente ao consumo autorizado que é faturado e convertido em receita. É igual ao consumo autorizado medido e estimado que é efetivamente cobrado.

**Consumo autorizado faturado:** volume de água correspondente aos consumos autorizados que são faturados e que produzem receita (água convertida em receita). Este é igual ao consumo faturado medido acrescido do consumo faturado por estimativa.

**Consumo autorizado não faturado:** volume de água correspondente ao consumo autorizado que não é faturado e, portanto, não produz receita. É igual ao consumo não faturado não medido, mas acrescido do consumo não faturado não medido.

Em linhas gerais, os passos para determinar o volume de água não faturada e o volume de perdas são os seguintes:

- i. Considerar o volume de água entrada no sistema;
- ii. Considerar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido que, somados, representam o consumo autorizado faturado ou água faturada;
- iii. Calcular o volume de água não faturada (perdas comerciais), subtraindo o volume de água faturada ao volume de água entrada no sistema;
- iv. Definir o consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido, em que o total é o consumo autorizado não faturado;

- v. Somar os volumes de água correspondentes ao consumo autorizado faturado e ao consumo autorizado não faturado, o que resulta no consumo autorizado;
- vi. Calcular as perdas de água como a diferença entre o volume de água entrada no sistema e o consumo autorizado;
- vii. Estimar os volumes relativos ao uso não autorizado e a erros de medição que somados representam as perdas aparentes;
- viii. Calcular as perdas reais subtraindo as perdas aparentes às perdas de água.

De entre as causas para a ocorrência das perdas existentes no balanço hídrico destacam-se:

**Uso não autorizado** – consumos ilícitos: furtos em hidrantes, ligações clandestinas e/ou desconhecidas, *bypasses*.

**Erros de medição** – idade dos contadores e aparelhos desadequados aos caudais a medir (perfis de consumo).

**Fugas nas condutas e fugas nos ramais (a montante do ponto de medição)** – roturas nos materiais, juntas e acessórios, roturas provocadas por choque hidráulico, corrosão, excesso de cargas e assentamentos, ações acidentais de terceiros, excesso de pressão.

**Fugas e extravasamentos nos reservatórios** – fissuras nas paredes e fundações, incidentes de exploração.

O cálculo do balanço hídrico revela-se extremamente importante para a análise aos sistemas de abastecimento de água no que diz respeito às perdas reais, aparentes e consumos autorizados não faturados dado que estabelece uma comparação entre entradas e saídas de volumes de água sendo indicador das receitas e dos custos de cada componente.

### **3.2. Perdas reais**

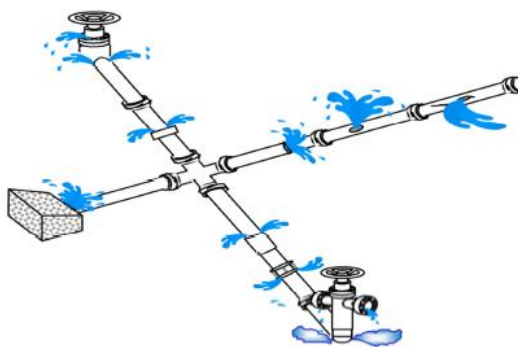
Sendo o alvo desta dissertação a elaboração de um estudo sobre o controlo das perdas reais, estas terão um maior desenvolvimento.

As perdas reais correspondem aos volumes de água perdido fisicamente que ocorrem desde o ponto de captação até aos contadores dos utentes ou pontos de consumo quando o sistema está pressurizado.

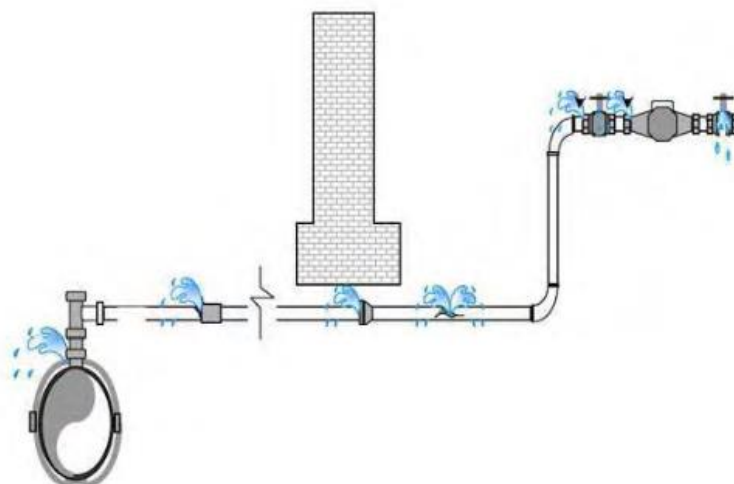
As perdas reais dependem essencialmente do caudal libertado, frequência e duração média de cada tipo de fuga. Os fatores que mais influenciam este tipo de perdas são os seguintes:

- Pressão média de serviço a que o sistema está sujeito;
- Densidade e comprimento médio dos ramais de ligação;
- Localização do contador domiciliário no ramal de ligação;
- Tipo de solo e condições topográficas do terreno, possibilitando ou não a deteção de fugas com o aparecimento de água à superfície;
- Comprimento total das condutas da rede de distribuição, bem como o seu estado de conservação, dos seus órgãos acessórios e o tipo de material utilizado (M. Farley, 2001).

Na Figura 3.3 e Figura 3.4 ilustram-se os principais pontos da rede de distribuição onde as perdas reais ocorrem.



**Figura 3.3 – Pontos da rede de abastecimento de água onde ocorrem perdas reais frequentes (Moura et, al/2004).**



**Figura 3.4 – Pontos frequentes de perdas em ramais.**

As perdas reais nos sistemas em baixa podem ser divididas em quatro tipos, de acordo com o descrito na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 – Tipos de perdas nos sistemas de abastecimento em baixa.**

Perdas reais nos sistemas em baixa	
Perdas de Base	Ocorrem através de pequenas fugas. São na grande maioria indetetáveis com os equipamentos de deteção correntemente disponíveis. Caracterizam-se por caudais baixos, longa duração e grandes volumes.
Perdas por Roturas	São tipicamente caracterizadas por caudais altos, curta duração e volumes moderados e aparecimento á superfície.
Perdas por Extravasamento	Ocorrem nos reservatórios em períodos de baixo consumo e são facilmente identificáveis através de inspeções periódicas às instalações.
Perdas por Fugas	São fugas consideráveis que não se manifestam à superfície dadas as características do solo, a topografia do terreno ou a presença nas imediações de outras redes como as de águas residuais ou águas pluviais.

As maiorias das fugas não são visíveis, não se manifestam à superfície e ocorrem, em maior número, nos ramais domiciliários do que nas condutas. A inexistência de uma política ativa na deteção das fugas invisíveis conduz a elevados níveis de perdas reais (Farley, et al. 2008).

Para proceder ao combate eficaz das perdas reais são adotadas quatro medidas que são internacionalmente aceites, independentemente do país e do tipo de sistema de abastecimento de água, tendo em conta que a resolução do problema passa essencialmente por questões operacionais, Figura 3.5 e Tabela 3.4.

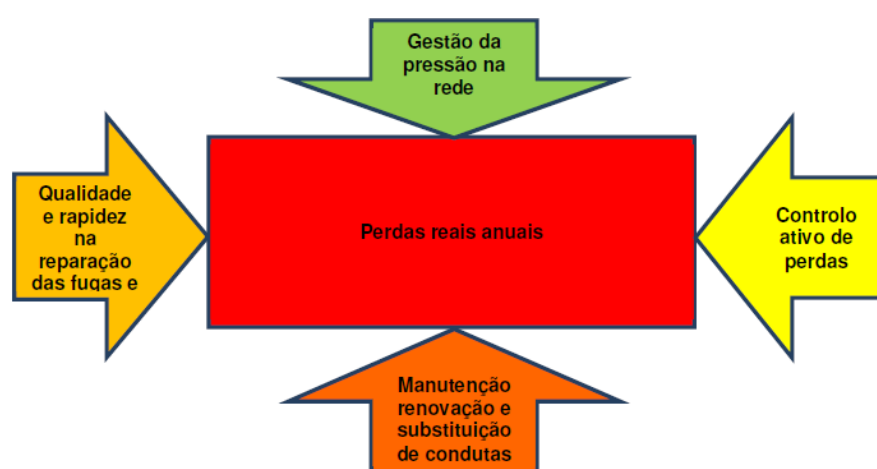


Figura 3.5 – Medidas de controlo de perdas reais (adaptado de Lambert *et al*, 1999).

Tabela 3.4 – Medidas de controlo das perdas reais e seus tipos (Martins, 2010).

Tipo de Perdas de água reais (Balanço Hídrico)	Medidas 1	Medidas 2	Medidas 3	Medidas 4
Perdas em condutas (fugas e roturas)	Gestão da pressão	Reparação rápida das avarias	Controlo ativo de perdas	Renovação e substituição de condutas
Perdas em ramais (fugas e roturas)	Gestão da pressão	Reparação rápida das avarias	Controlo ativo de perdas	Renovação e substituição de ramais
Perdas em reservatórios	Eliminar extravasamentos por transbordo	Reparação das fendas nas paredes e laje de fundo		

### **3.2.1. Gestão da pressão**

A problemática da gestão da pressão está diretamente relacionada com os níveis de serviço que é necessário garantir às populações. As redes em baixa são, habitualmente, fornecidas por gravidade. É através deste tipo de escoamento que se alcança a pressão. Em alguns casos, também são utilizados sistemas de bombagem quando não é garantido o abastecimento em condições ideais através da rede gravítica.

O sistema gravítico existente, por norma, origina grandes variações da pressão, podendo esta ser muito elevada tendo que ser regulada através de acessórios colocados na rede como válvulas redutoras de pressão. O objetivo é garantir pressões de serviço que satisfaçam os requisitos legais e promovam a menor variação de pressão da rede possível e, consequentemente, o menor número de perdas de água.

A pressão da água tem uma enorme influência no caudal libertado durante uma fuga. Será logicamente perceptível que quanto maior for a pressão maior será o volume de água perdido.

Segundo (Farley, et al., 2008), a relação entre o caudal e a pressão é quase linear uma vez que, numa primeira fase de atuação, uma redução de 10% na pressão implica uma redução de 10% no caudal libertado.

A lei de vazão de um orifício em que o fluido se encontra sob pressão é dada pela seguinte expressão:

$$Q = C_v \times S \times P^n \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (1)$$

Q – Caudal libertado pelo orifício [m<sup>3</sup>/s];

C<sub>v</sub> – Coeficiente de vazão [-]; e [0.59 a 0.65]

S – Secção do orifício [m<sup>2</sup>];

P – Pressão a que o fluido está submetido [m.c.a.];

n – Expoente da lei de vazão [-];

Outro parâmetro de inquestionável relevo para a quantificação do caudal libertado é o expoente da lei de vazão (n) que em fugas e roturas pode variar entre 0.5 e 2.5. O parâmetro referido encontra-se caracterizado na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5 – Expoente da lei de vazão de fugas e roturas, (Farley, *et al.*, 2008); (Greyvensteins. *et al.*, 2005).**

Expoente da lei de vazão de fugas e roturas(n)	
Tubos rígidos e flexíveis com orifícios de área fixa	0,5
Inserções, articulações e juntas de ligação	1,5
Tubos flexíveis com fendas transversais	2
Tubos flexíveis com fendas longitudinais	2,5

Tendo em conta os diferentes materiais e de acordo com o exposto na expressão (1), facilmente se pode quantificar os volumes de água perdidos resultantes das roturas ou estimar que quantidade de água foi poupada.

Para terminar a análise das pressões será de todo conveniente desenvolver um plano de trabalhos que contemple:

- Avaliar quais os pontos onde é possível efetuar a redução da pressão sem afetar os requisitos mínimos exigidos;
- Identificar de setores críticos onde o número de fugas é maior;
- Perceber se os consumidores e o sistema não serão afetados.

A gestão da pressão na rede tem que garantir, em qualquer caso, as necessidades dos consumidores e as pressões para combate a incêndios, mesmo nos pontos mais elevados. Existem, como se referiu, uma série de fatores que limitam a gestão da pressão, Figura 3.6.



**Figura 3.6 – Perfil tipo de uma área de gestão da pressão (adaptado de Farley,2001).**



Quando se fala de gestão de pressão, será de todo fundamental referir que existem uma série de equipamentos que permitem efetuar esse controlo. O caso mais evidente é o uso das válvulas redutoras, de pressão, Figura 3.7, que são instaladas em pontos estratégicos. As válvulas permitem regularizar o caudal e podem ser controladas mecânica, elétrica ou hidráulicamente, através das suas diferentes configurações. Existem válvulas de mola, de pistão ou de diafragma que, de acordo com Yoshimoto, *et al.*(, 1999), possibilitam o estabelecimento da pressão de saída fixa, modulada por caudal, por tempo ou por ponto crítico.



**Figura 3.7 – Válvula redutora de pressão (Fonte: Centralplast).**

A redução da pressão revela-se normalmente muito eficaz no combate às perdas reais, contribuindo também para obter diversos ganhos. A redução das pressões desnecessárias ou em excesso contribui para a estabilização das pressões na rede e para a diminuição do número de falhas dos sistemas, o que reduz os custos de reparação e possibilita um abastecimento de água mais contínuo, elevando, deste modo, os níveis de qualidade dos serviços prestados pelas EG (EPA, 2010).

### **3.2.2. Controlo ativo de perdas**

O controlo ativo de perdas (CAP) é de essencial valor e inquestionável proveito para a melhoria da eficácia dos sistemas de abastecimento e redução das perdas de água. Constitui uma procura proactiva das fugas, dado que na maioria dos casos se realiza através de equipamento acústico especializado para detetar as fugas que não são visíveis.

O controlo ativo das perdas está diretamente relacionado com a criação de zonas de medição e controlo (ZMC), Figura 3.8. Trata-se de dividir a rede em setores de menor dimensão onde a água entra por um único ponto de afluência. Este método permite um nível de avaliação de perdas mais detalhado do que o facultado por medições à saída dos reservatórios.

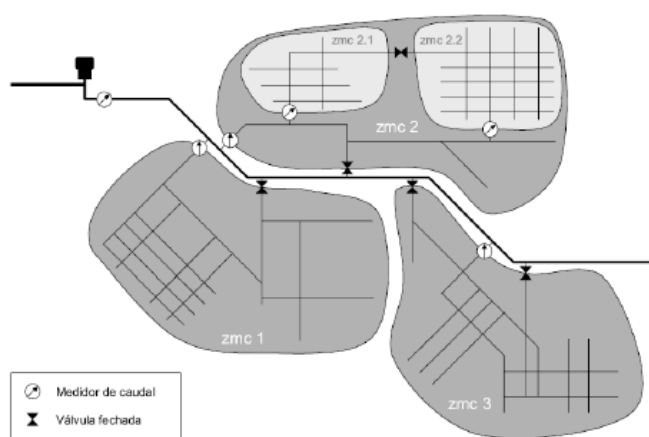


Figura 3.8 – Divisão da rede de abastecimento em ZMC (Alegre, et al., 2005).

A solução da criação das zonas de medição e controlo teve origem em Inglaterra e é internacionalmente aceite como uma prática essencial para a identificação das zonas onde se fará o controlo ativo de perdas.

É através da análise de entrada e saída de caudais na zona de medição e controlo que é aferido o volume de perdas no sistema. Portanto, existe um medidor de caudal na entrada da zona de medição e controlo. Por diferença entre esse valor e o consumido pelos utentes, que é controlado através de leituras dos contadores, obtém-se a perda de água. De notar que, logo na entrada do sistema, pode ser detetada uma perda se o valor de entrada for anómalo relativamente ao habitual, Figura 3.9.

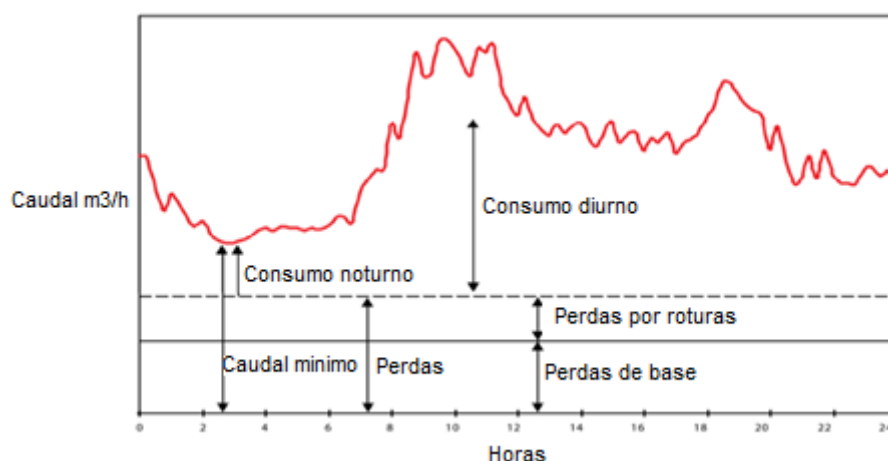


Figura 3.9 – Gráfico característico do controlo de caudal de uma ZMC (Farley, et al. 2008).

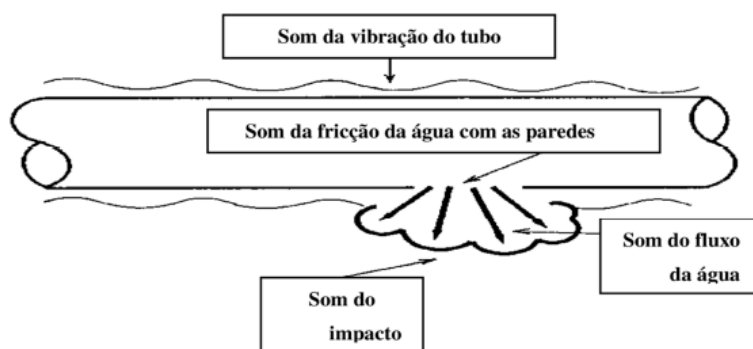
O controlo ativo de perdas pressupõe a busca de novas fugas invisíveis, sendo esta procura a base da crescente melhoria dos sistemas de abastecimento de água, para tal, recorre-se ao uso de equipamentos de deteção e correlação acústica. É através

destes equipamentos que as equipas de campo conseguirão localizar, aproximadamente, as fugas e proceder à sua reparação. A definição do local da fuga com recurso a estes equipamentos permite a redução de custos, na medida em que os trabalhos podem ser desenvolvidos numa zona muito específica e próxima da fuga.

Os equipamentos acústicos permitem analisar as variações sonoras do escoamento e, através da interpretação de diferentes ruídos, consegue-se detetar a zona da fuga.

O ruído produzido por uma fuga propaga-se sob a forma de uma onda sonora longitudinal e transversal ao longo da tubagem e que é influenciada pela elasticidade do material e das características da água, Figura 3.10. Os ruídos perceptíveis neste fenómeno são:

- Ruído produzido aquando da saída do fluxo de água;
- Ruído de vibração da tubagem;
- Ruído de impacto;
- Ruído produzido pela fricção da água nas paredes da tubagem.

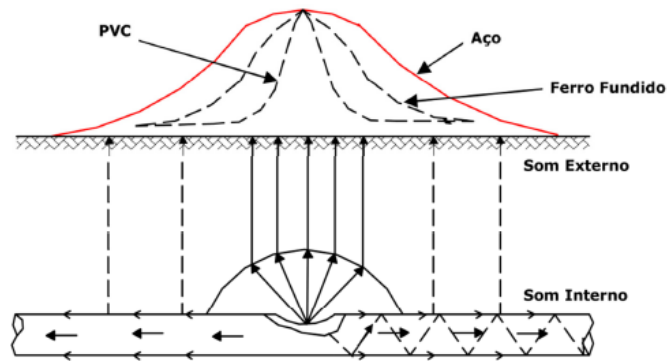


**Figura 3.10 – Tipos de ruídos emitidos pelas fugas que se desencadeiam ao longo das redes dos sistemas de abastecimento de água (SABESP 2009).**

Uma vez que as condutas estão colocadas no subsolo existem fatores que influenciam a propagação das ondas, Figura 3.11, e, consequentemente, a percepção ao nível da superfície é diferente. De entre os fatores existentes destacam-se:

- Tipos de solos diferentes na envolvente das tubagens;
- Existência de água;
- Distintos tipos de materiais de revestimento de pavimentos;

- Profundidade da conduta;
- Tipo de material que constitui a conduta.


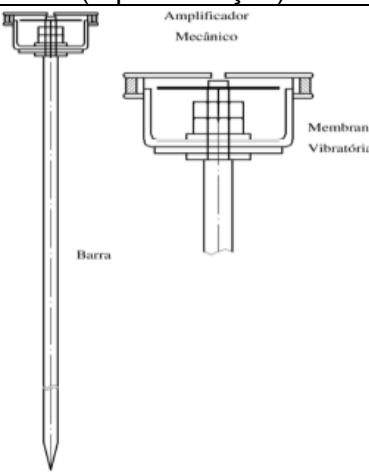




**Figura 3.11 – Intensidade e propagação do ruído de uma fuga de acordo com os materiais usados nas redes dos sistemas de abastecimento de água (SABESP 2009).**

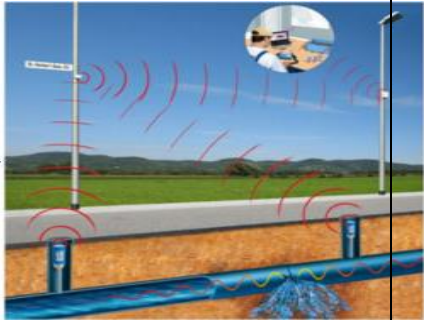



### **3.2.2.1. Equipamentos de deteção acústica de fugas**

Existem várias técnicas que apoiam o controlo ativo de perdas, todas elas com base em equipamentos de deteção e correlação acústica, Tabela 3.6.a, Tabela 3.6.b. Estes equipamentos são essenciais para dirigir e orientar a equipa de inspeção dentro da área submetida ao CAP, bem como identificar o local da fuga com maior precisão.

**Tabela 3.6a – Equipamentos deteção acústica de fugas.**

Equipamentos de deteção acústica de fugas		
Sondagens Acústicas tradicionais	O objetivo é ouvir o ruído e as vibrações emitidos pelas fugas no momento em que a água que se encontra sob pressão e é libertada, dado que se encosta o ouvido à haste de metal.	 <p>Vara acústica (representação)</p>
Sondagens acústicas com recurso a geofones mecânicos	Resulta da evolução da haste tradicional com a introdução na extremidade de um amplificador mecânico de membrana vibratória.	 <p>Haste mecânica (Zaniboni 2009)</p>
Sondagens acústicas com recurso a geofones eletrónicos	<p>O geofone eletrónico tem por base o princípio de amplificação do ruído, resultando da evolução da haste mecânica. Este dispositivo possibilita o armazenamento de dados.</p> <p>Para além disso, permite a deteção das fugas com bastante precisão dado que possibilita a filtragem das faixas de frequência.</p>	 <p>Geofone eletrónico</p>  <p>Geofone eletrónico completo</p>

**Tabela 3.6b – Equipamentos deteção acústica de fugas.**

Equipamentos de deteção acústica de fugas		
Loggers	<p>O seu modo de atuação está normalmente associado a duas fases distintas. A primeira fase consiste numa análise preliminar com recurso, por exemplo, aos loggers de ruído.</p> <p>Após uma primeira fase que permite centralizar e definir zonas de fugas possíveis, avança-se com a segunda fase com recurso a loggers de correlação acústica que limitam a zona da fuga num perímetro interior à primeira fase.</p>	 <p>Esquema de aplicação de loggers</p>  <p>Loggers</p>
Loggers de correlação acústica	<p>Estabelecem uma triangulação que permite limitar uma zona muito específica onde a fuga se encontra, permitindo, com uma probabilidade grande, encontrar a mesma.</p>	 <p>Correladores acústicos</p>
Geo-Radar	<p>Baseia-se na propagação de ondas eletromagnéticas e, quando aplicado em materiais geológicos, constitui uma técnica de prospeção indireta cuja utilização tem por objetivo, detetar e localizar estruturas sub-superficiais.</p>	 <p>Geo- radar</p>

As técnicas para localização de fugas invisíveis compreendem as sondagens acústicas tradicionais, as sondagens acústicas com recurso a geofones mecânicos e eletrónicos e os equipamentos de correlação de ruído, como *loggers* de ruído e *loggers* de correlação acústica, geo-radares. Todos estes equipamentos baseiam-se nas propriedades acústicas específicas dos escoamentos sob pressão que se desencadeiam no momento em que a água se escoia pelo orifício.

O uso de técnicas mecânicas como a sondagem acústica tradicional e o geofone mecânico apresentam duas condicionantes importantes para que os resultados sejam fiáveis:

- O ruído ambiente tem que ser o menor possível;
- A rede deve apresentar a maior pressão possível.

Garantir estes dois fatores, na maioria dos casos, só é possível durante a noite, pois aí as condições acima são mais facilmente atingíveis. As sondagens diurnas apresentam um elevado grau de complexidade e experiência dos técnicos, na medida em que pode existir a necessidade de identificação dos ruídos externos que, facilmente, podem ser confundidos com os ruídos das fugas. No entanto, devido a questões operacionais, são maioritariamente efetuadas neste período.

A sondagem acústica tradicional é o método mais antigo e simples, uma vez que se baseia na localização direta do som emitido pela fuga com a ajuda de uma haste de metal. O equipamento é simples e possui uma condutibilidade e elasticidade que permite que se oiça o som emitido pelas fugas, o que por aproximações sucessivas possibilita a deteção da fuga.

Numa primeira fase, o trabalho desenvolvido para a captação de fugas acarreta elevados custos, dado que o investimento inicial em equipamentos de ponta é caro e o seu retorno não é imediato. Para que se possa tirar o máximo de partido deste equipamento, os seus utilizadores necessitam de formação específica. A experiência que determinado operador possui ou vai acumulando é fundamental para que se possa aliar às potencialidades do equipamento a perícia na análise e a interpretação dos resultados. Um operador experiente possibilita a maximização dos recursos e a diminuição do tempo de retorno do investimento dado que detetará mais fugas.

### 3.2.3. Reparação das fugas e roturas

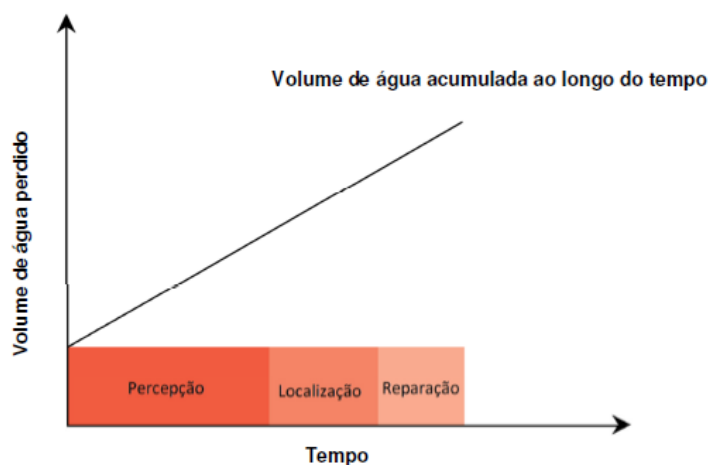
A partir do momento em que uma fuga ou rotura é detetada, parte do volume de água que se perde é proporcional ao tempo que a sua reparação demora (Farley, *et al.* 2008).

A reparação das fugas com a máxima rapidez e qualidade implica uma série de fatores que, em grande parte, não são fáceis de garantir.

Para que uma fuga possa ser reparada de imediato é necessário dispor de equipas e meios para proceder à reparação, dado que as fugas podem acontecer a qualquer hora do dia ou da noite.

O tipo de fuga varia de local para local e dentro desses locais existem todo um conjunto de condicionantes que podem contribuir para a ineficácia e ou ausência da reparação no menor tempo possível. Em muitos casos, após a comunicação da fuga e depois de se realizar uma primeira análise, conclui-se que os condicionalismos para intervir imediatamente são elevados e não se pode atuar tão rapidamente quanto o pretendido, advindo daí cortes nos sistemas de abastecimento e condicionalismos sociais, entre outros, Figura 3.12.

Constata-se que ao tempo de reparação das fugas está associado um volume de água perdido, pelo que, como já mencionado, a reparação deve ser concluída com rapidez, mas deve simultaneamente atender aos padrões de máxima segurança, qualidade e eficiência na execução das tarefas assim como a qualidade dos materiais usados.



**Figura 3.12 – Esquema relativo ao volume de água e o tempo perdido nas várias fases de associadas á deteção, localização e reparação das fugas, adaptado (Farley, et al. 2008).**



### **3.2.4. Renovação e substituição das condutas**

A renovação e substituição das condutas será, por certo, a última das soluções a adotar no combate às perdas de água. Estas intervenções ocorrem quando as condutas apresentam um elevado grau de degradação e, por sua vez, o índice de fugas é maior.

Dado revelar-se de investimento elevado, as entidades gestoras devem promover uma política ativa na identificação e gestão das suas redes, cadastrando-as e definindo prioridades e soluções tendo em vista a redução dos custos operacionais, sociais, ambientais e demais fatores.

A renovação de condutas acontece, normalmente, com recurso a abertura de vala e dada a densidade de redes existentes no subsolo e a própria tipologia dos trabalhos implica enormes transtornos para os cidadãos, Figura 3.13 e Figura 3.14. Existem, também, técnicas alternativas sem recurso a abertura de vala que são menos condicionantes, embora ainda não sejam muito utilizadas pelas EG. O entubamento, constitui uma das técnicas de renovação de condutas sem abertura de vala, dividindo-se entre o entubamento tradicional e não tradicional. O entubamento por tubagem contínua é considerado tradicional, enquanto que, o entubamento não tradicional, engloba o entubamento com tubagem dobrada, entubamento com tubagem deformada, entubamento com tubagem por inserção por inversão, entubamento com tubagem por inserção com guincho e o entubamento com manga adesiva por reversão.

Uma manutenção preventiva, em vez de reativa, vai manter o sistema operacional durante períodos mais longos, com elevados níveis de desempenho, maximizando o seu período de vida útil e assegurando um nível de perdas reais com valores economicamente aceitáveis, (Farley, *et al.* 2008), (EPA 2010).



**Figura 3.13 – Trabalhos de substituição de condutas (Serviços Municipalizados de Viana do Castelo).**



**Figura 3.14 – Trabalhos de substituição de condutas (Serviços Municipalizados de Viana do Castelo).**

### 3.3. Indicadores de perdas

O investimento que se realiza na redução das perdas de água tem que ser acompanhado de uma análise económica viável e sustentada, dado que a redução das perdas só é rentável até determinado ponto.

Quando se desenvolvem inúmeros esforços no sentido de diminuir os volumes de água não faturado, considerando as técnicas atrás expostas, tem que se ter em conta que, para sistemas que apresentem uma elevada percentagem de água não faturada, o investimento feito terá grande retorno na medida em que os volumes recuperados compensam o investimento. Se, por um lado, investimos para reduzir, por outro poupamos, pois não é necessário efetuar o tratamento de tanta água.

Em sistemas em que a percentagem de perdas é baixo, entre 15 a 20%, o retorno do investimento é mais moroso e muitas vezes pode ser injustificado.

Para apoiar a decisão deste problema, as entidades devem dispor de dados claros que permitam tomar a decisão de investir ou não na redução das perdas, dado que a partir de certo valor é inviável tecnicamente conseguir reduzir mais o volume de água não faturada, Figura 3.15.

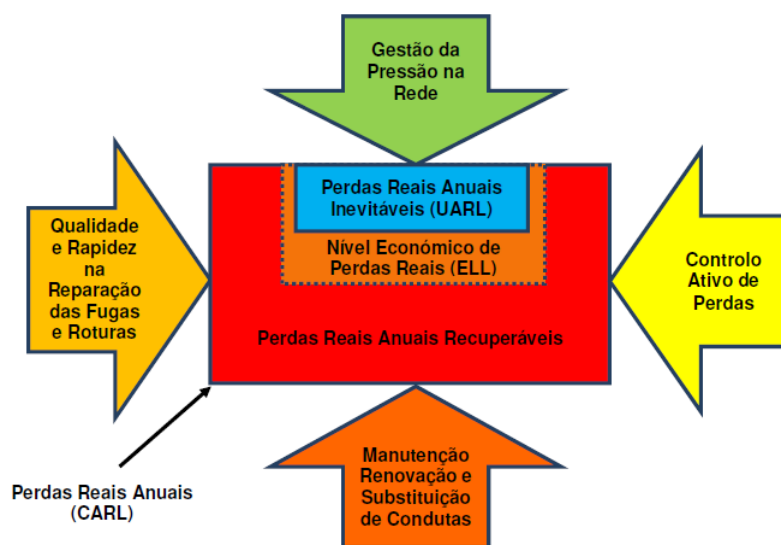


Figura 3.15 – Abordagem económica das perdas reais, (adaptado de Lambert *et al*, 2005).

Os conceitos representados na figura anterior são de seguida definidos:

**Perda Real Anual - Current Annual Real Losses (CARL)** representa o volume anual de perdas reais de água obtido após a realização do balanço hídrico.

$$CARL = \frac{\text{Volume anual de perdas reais (m}^3\text{/ano)} \times 1000}{n^{\circ} \text{ de ramais} \times 365} \text{ (l/ramal/dia)} \quad (2)$$

Para sistemas de pequena dimensão e baixa densidade de ramais aplica-se a expressão em função do número de ramais quando estes são iguais ou inferiores a 20 por km segundo recomendações do IWA.

$$CARL = \frac{\text{Volume anual de perdas reais (m}^3\text{/ano)} \times 1000}{\text{comprimento das condutas} \times 365} \text{ (l/ramal/dia)} \quad (3)$$

**Perda Real Inevitável Anual - Unavoidable Annual Real Losses (UARL):** representam o nível teórico das perdas reais que, inevitavelmente, existem nos sistemas de abastecimento de água já que não é possível a existência de redes totalmente estanques. Corresponde ao ponto ótimo de controlo de perdas. A partir deste ponto o investimento é muito elevado e o retorno não é garantido.

$$UARL = \left( 18 \times \frac{Lm}{Nc} + 0,8 + 0,025 \times Lp \right) \times P \text{ [l/ramal/dia]} \quad (4)$$

Sendo:

$Lm$  – Comprimento da rede (km)

$Nc$  – Número de ramais (–)

$Lp$  – Comprimento médio dos ramais até ao contador do client (m)

$P$  – Pressão média do sistema (m. c. a)

**Indicador Infraestrutural de Perdas - Infrastructure Leakage Index (ILI)**, definido como a razão adimensional entre o CARL e o UARL,

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \times [-] \quad (5)$$

O ILI representa o mais baixo nível de perdas reais que um sistema pode ter e, conseqüentemente, orienta o esforço que as entidades gestoras têm que desenvolver, Tabela 3.7.

**Tabela 3.7 – Operações para o controlo das perdas reais de acordo com o valor do ILI, adaptado de (Morrisson, Tooms & Hall 2008).**

Nível	Países desenvolvidos (ILI)	Países em desenvolvimento (ILI)	Potenciais ações a desenvolver
A	1 - 2	1 - 4	Determinar o ELL e planejar a renovação e substituição de condutas.
B	2 - 4	4 - 8	Melhorar a gestão da pressão aplicar o CAP, identificar áreas de melhoria com objetivo de atingir o nível A.
C	4 - 8	8 – 16	Gestão de pressão, qualidade e rapidez na reparação de fugas e roturas, desenvolver um plano para 3 - 5 anos se atingir o nível B
D	>8	>16	Gestão desadequada, reestruturação da EG e desenvolvimento de um plano para em 4 - 5 anos se atingir o nível C.

**Controlo Económico de Perdas Reais – Economic Level of Leakage (ELL)**, correspondente ao ponto onde o custo do controlo das perdas reais por unidade de volume de água se iguala ao custo de aquisição da mesma unidade de volume.

Para se determinar o nível económico de perdas é necessário determinar o nível económico de perdas reais e o nível económico de perdas aparentes, pois os procedimentos para minimizar os erros de medição e os consumos não contabilizados são independentes dos procedimentos para minimização das perdas reais.

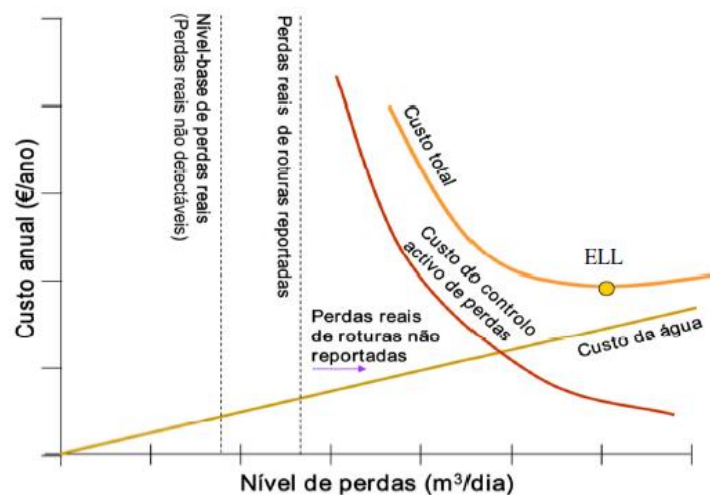
Só no que diz respeito às perdas reais, para ser possível o seu cálculo, é necessário reunir um conjunto de dados específicos relativos ao sistema de abastecimento:

- Custo de mão-de-obra;
- Custo da água;
- Pressão de serviço;
- Idade e estado de conservação das tubagens;
- Tipologia das roturas;
- Métodos utilizados para controlo de fugas.

Ainda em relação ao nível económico de perdas reais pode dizer-se que:

- Varia de rede para rede;
- Varia ao longo do tempo;
- Pode ser afetado por sazonalidade na frequência de roturas. Quando calculado com base no controlo ativo de perdas, é afetado por alterações de operação da rede como, por exemplo, a pressão de serviço;
- Depende do valor da água, que varia ao longo do tempo;
- Depende das técnicas de deteção e reparação de fugas utilizadas.

**Perdas reais recuperáveis** - *Potentially Recoverable Real Losses*, oriundo de terminologia anglo-saxónica corresponde ao volume em que os custos de controlo das perdas reais serão inferiores aos benefícios, Figura 3.16.



**Figura 3.16 – Nível económico das perdas reais (H. Alegre, et al. 2005).**

Através da quantificação precisa e realista do cálculo do balanço hídrico é possível calcular com exatidão os indicadores de desempenho adequados. Estes indicadores possibilitam o conhecimento real da eficiência dos sistemas, custos operacionais e

orientam as EG na reformulação de políticas, tendo em vista o aumento da eficiência dos sistemas de abastecimento de água.

### **3.4. Indicador de desempenho de abastecimento de água em Portugal-ERSAR**

Em Portugal, a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), iniciou a avaliação anual da qualidade de serviço das entidades concessionárias gestoras de serviços de água e resíduos, no ano de 2004, dividindo entidades gestoras “em alta” e “em baixa”, através de um conjunto de indicadores a que mais tarde se viria a chamar “Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores 1.<sup>a</sup> Geração do sistema de indicadores de qualidade de serviço”. (ERSAR & LNEC, 2009)

O sistema de avaliação que vigorou no período 2004 – 2010, foi, entretanto, substituído pela 2.<sup>a</sup> Geração do Sistema de Indicadores de Qualidade de Serviço, Tabela 3.8. Efetivamente, a ERSAR entendeu que “após seis anos de aplicação era desejável visitar o sistema de avaliação da qualidade de serviço, introduzindo algumas melhorias e corrigindo alguns aspetos no sentido de lhe conferir maior funcionalidade e rigor técnico, bem como uma maior aplicabilidade a todo o universo de entidades gestoras, sem no entanto alterar o seu conteúdo e o seu sentido” (ERSAR & LNEC, 2012).

**Tabela 3.8 - Indicadores de desempenho para abastecimento de água – ERSAR**

INDICADORES DE DESEMPENHO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA - 2ª Geração	Alta	Baixa
<b>Adequação da interface com o utilizador</b>		
<b>Acessibilidade do serviço aos utilizadores</b>		
AA01 - Acessibilidade física do serviço (%)	•	•
AA02 - Acessibilidade económica do serviço (%)	•	•
<b>Qualidade do serviço prestado aos utilizadores</b>		
AA03 - Ocorrência de falhas no abastecimento [(n.º/(ponto de entrega . ano) ou n.º/(10 <sup>3</sup> ramais . ano)]	•	•
AA04 - Água Segura (%)	•	•
AA05 - Resposta a reclamações e sugestões (%)	•	•
<b>Sustentabilidade da gestão do serviço</b>		
<b>Sustentabilidade económica</b>		
AA06 - Cobertura dos gastos totais (-)	•	•
AA07 - Adesão ao serviço (%)	•	•
AA08 - Água não facturada (%)	•	•
<b>Sustentabilidade infra-estrutural</b>		
AA09 - Adequação da capacidade de tratamento (%)	•	•
AA10 - Reabilitação de condutas (%/ano)	•	•
AA11 - Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km . ano)]	•	•
<b>Produtividade física dos recursos humanos</b>		
AA12- Adequação dos recursos humanos [n.º/(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> . ano) ou n.º/(10 <sup>3</sup> ramais . ano)]	•	•
<b>Sustentabilidade ambiental</b>		
<b>Eficiência na utilização de recursos ambientais</b>		
AA13 - Perdas reais de água [m <sup>3</sup> /(km.dia)]ou [l/(ramal.dia)]	•	•
AA14 - Cumprimento do licenciamento das captações (%)	•	•
AA15 - Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m <sup>3</sup> x 100 m)]	•	•
<b>Eficiência na prevenção da poluição</b>		
AA16 - Destino de lamas do tratamento (%)	•	•

ERSAR tem atribuições não apenas para assegurar a regulação da qualidade de serviço prestado aos utilizadores pelas entidades gestoras, mas também para avaliar o desempenho dessas entidades, promovendo a melhoria dos níveis de serviço. Assim, no quadro destas atribuições, a 2ª geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas aplicável a todas as entidades gestoras de serviços de águas a operar em Portugal.

### **3.5. As perdas de água e as políticas de redução**

A redução das perdas reais de água perspectiva melhorias a nível ambiental, social e económico. Do ponto de vista ambiental, a redução do volume de água perdida conduz a uma redução da água captada, tratada, armazenada e distribuída, o que implica também poupança energética e menor volume de água tratada química e fisicamente.

Na componente social, a redução das perdas de água permite manter as tarifas em níveis socialmente aceitáveis, bem como o fornecimento de água de melhor qualidade e com maior regularidade. No que respeita à componente económica, esta reverte nas duas anteriores pelas poupanças financeiras permitidas, contribuindo para o desenvolvimento socioeconómico local.

A necessidade de tornar o setor cada vez mais sustentável e as restrições económicas que o país atravessa e, por conseguinte, a falta de poder económico das próprias entidades levarão a que seja desenvolvido um trabalho no sentido de reduzir a quantidade de água desperdiçada.

Para que tal seja possível, será necessário atuar em duas vertentes que, embora bastante distintas, contribuem para um fim único:

- Redução das perdas reais, o que possibilita a redução de água comprada às entidades em alta. Por sua vez, existirá menos água tratada e, consequentemente, haverá poupança nessa vertente com a necessária política ativa de redução de perdas até ao ponto ótimo, como explicado anteriormente;
- Redução das perdas aparentes, o que permite aumentar a quantidade de água faturada.

Estas políticas conduzem a benefícios económicos, sociais, ambientais e contribuem para a credibilidade das entidades gestoras, para a sustentabilidade do sistema e para a satisfação dos utentes, Figura 3.17.



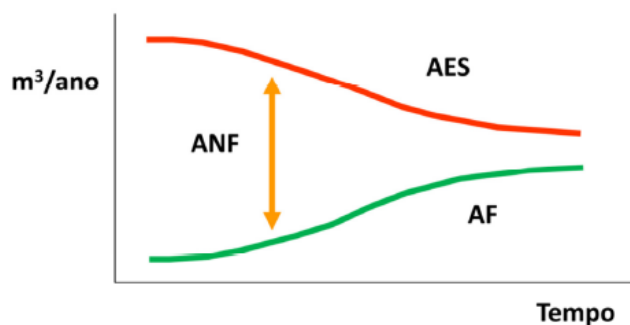


Figura 3.17 – Redução das perdas de água (Martins, J. P. 2010).

A abreviatura AES representa a água entrada no sistema; ANF a água não faturada e AF a água faturada.

Os dois percursos necessários contribuem para a valorização do preço de venda da água aos clientes, no caso das perdas aparentes, e para a valorização do valor de compra da água às entidades em alta, no caso das perdas reais. Embora estes dois caminhos sejam diferentes, contribuem para a redução da quantidade de água não faturada, como se constata na Figura 3.17.

### 3.6. Telemetria

As redes de abastecimento de água, são constituídas, na sua maioria, por infraestruturas enterradas e cujas partes fisicamente inspecionáveis são escassas. Por outro lado, a obtenção de dados fiáveis em tempo real sobre o funcionamento da rede e monitorização, como por exemplo a medição de caudais e pressões são insuficientemente escassos no espaço e no tempo, dado que, os sistemas são complexos, existem inúmeros pontos de consumo e enormes variáveis a considerar nesses locais.

Os sistemas domiciliários de telemetria permitem efetuar a recolha de dados de consumo de forma automática, oriundos dos contadores domiciliários, transferir e armazenar essa informação numa base de dados central, que pode ser interna ou externa à EG. Estes elementos são usados para a faturação assim como para a gestão das redes de abastecimento e apoio às decisões de engenharia.

As entidades gestoras começaram a instalar sistemas de telemetria em grande escala já em 1985, em projetos de água e gás nos Estados Unidos (Tamarkin, 1992). No entanto, o escasso desenvolvimento tecnológico, designadamente nos sistemas

de comunicação, a capacidade de autonomia das baterias e a falta de suporte técnico fizeram com que os sistemas de telemetria domiciliária (STD) não se mostrassem inicialmente tão bem sucedidos (Medeiros, et al., 2007).

A crescente evolução tecnológica e informática tem permitido desenvolver sistemas cada vez mais completos e multifacetados que, pela sua massificação, são economicamente viáveis. Esta mesma evolução representa uma mais-valia na obtenção instantânea de medição de caudais gastos, limitando o volume de faturação por estimativa, dado que, a obtenção de dados é feita em tempo real, reduzindo custos e diminuindo o número de reclamações por parte dos cidadãos. Dependendo do tipo de sistema instalado, pode-se obter informação relativa às perdas reais e deturpações nos contadores. Para além das questões de faturação, a telemetria possibilita uma enorme maior valia em termos de técnicos e de engenharia, destacando-se a gestão do parque de contadores, planeamento e expansão das redes, execução de auditorias às perdas de água e controlo das perdas reais.

A telemetria permite integrar, de forma muito eficaz, a área operacional com a área comercial e administrativa.

Segundo (Alves *et al*, 1999), pode-se verificar uma desarticulação entre o sistema de macromedição, normalmente sob a responsabilidade da área operacional, e o sistema de micromedição cuja informação é usualmente tratada pela área comercial.

Assim as EG, com o auxílio de equipamentos de telemetria, podem abranger quatro níveis de telecontagem (Nuno Medeiros, 2007). De acordo com a Tabela 3.9:

**Tabela 3.9 – Níveis de Telecontagem (Nuno Medeiros,2007).**

Nível I	Telemetria ao nível do sistema de transporte - medição em termos de importação/exportação de água bruta/tratada, água fornecida ao tratamento, água fornecida à distribuição.
Nível II	Telemetria ao nível das áreas de influência de reservatórios, zonas de medição e controlo (ZMC).
Nível III	Telemetria ao nível dos grandes consumidores e contadores totalizadores em edifícios.
Nível IV	Telemetria ao nível dos consumidores individuais.

Na prática, Loureiro (2007), estes sistemas são aplicados até ao nível III, com exclusão dos contadores totalizadores dos edifícios que, pelos volumes a

monitorizar, justificaram o investimento em sistemas de telemetria. Pretende-se, atualmente, completar o nível III e entrar no nível IV.

De acordo com (Martins 2007), as entidades gestoras podem ser avaliadas no que diz respeito à sua eficácia em quatro patamares, de acordo com os indicadores de gestão e operação conforme a Tabela 3.9.

**Tabela 3.9 – Estágios de Desenvolvimento e indicadores (Martins,2007).**

Estágios de Gestão	Tempo de decisão	Indicadores de gestão	Atendimento e disponibilidade	Perdas	Emergências	Informatização
Pré – eficácia	Meses	Calculados anualmente para os relatórios	Inexistência de atendimento telefónico permanente e de piquetes de intervenção	Não controladas, tipicamente superiores a 50%	Muito frequentes, de resolução tardia e demorada (raras vezes á noite e os fim de semana)	Faturação e salários
Eficácia	Semanas	Controlados algumas vezes por ano	Atendimento telefónico permanente e piquetas de informação	30 a 50%	Frequentes com resolução á noite e ao fim de semana	Faturação e contratação, serviços administrativos e reclamações
Eficiência	Dias	Controlados ao mês	Idem + central de comando + telemetria	15 a 30%	Pouco frequentes com resolução á noite e ao fim de semana	Idem+ telemetria, cadastro digitalizado, modelação das redes
Excelência	Horas	Controlados em tempo real	idem + telegestão + capacidade de mobilização generalizada com planos de contingência	< 15%	Raras, resolvidas quase sempre sem que a generalidade dos clientes repare	Integração geral das aplicações com produção de indicadores de gestão em tempo real

A gestão dos sistemas de abastecimento de água tem vindo a ser cada vez mais exigente, pelo que se torna necessário optar pelo uso de equipamentos sofisticados que permitam flexibilizar a operacionalidade das redes a qualquer momento atendendo às necessidades reais dos consumidores, dos recursos existentes e com um grau elevado de eficiência.

Tem sido recorrente a utilização de válvulas telecomandadas entre outros equipamentos que permitem alterar os circuitos de água, ajustar caudais e pressões. Estes equipamentos contribuem, de forma decisiva, para melhorar a eficiência em termos de perdas de água ou o consumo de energia (Alegre, 2008).

O estudo dos perfis de consumo, aliados à medição de caudais, permitem criar procedimentos seguros de previsões de consumo para determinado período. Desta forma, ajustam-se as necessidades de distribuição de água, bombeamento de água para os reservatórios e, sempre que possível, programação destas operações para o período noturno, dado que as tarifas são mais baixas.

A telemetria simplifica a gestão de um sistema de medição de caudais, pressões e parâmetros de qualidade de água na rede de distribuição. Os itens fundamentais para análise são os que permitem avaliar os volumes de água produzida, fornecida aos sistemas de distribuição – para sistemas em alta – e adquirida ao exterior e vendida aos consumidores – para sistemas em baixa.

Os principais entraves ao estabelecimento destes amplos sistemas de telemetria prendem-se com o elevado custo de aquisição e implementação dos sistemas.

### **3.6.1. Telecontagem**

O conceito de telecontagem, telemedição ou sistema de telemetria domiciliária considera a parte da telemetria que apenas á contabilização dos consumos particulares diz respeito.

De uma forma geral, consiste num sistema de recolha, eventual armazenamento e transmissão da informação das leituras dos contadores em sinal digital, reduzindo o tempo de recolha pelos serviços das leituras dos contadores e da transposição dessas leituras para a base de dados da EG.

A existência de medições reais e precisas referentes a cada período de faturação vem eliminar a necessidade de faturar por estimativa de consumo. Esta situação como anteriormente referia reduz o volume de reclamações e conflitos entre os consumidores e as EG. A redução dos custos de atendimento comercial bem como de atrasos de pagamento tem impacte positivo para as empresas do sector e para os consumidores. (ERSE, 2007)

A Figura 3.18 faz referência á evolução entre métodos convencionais de medição e os sistemas de telecontagem.

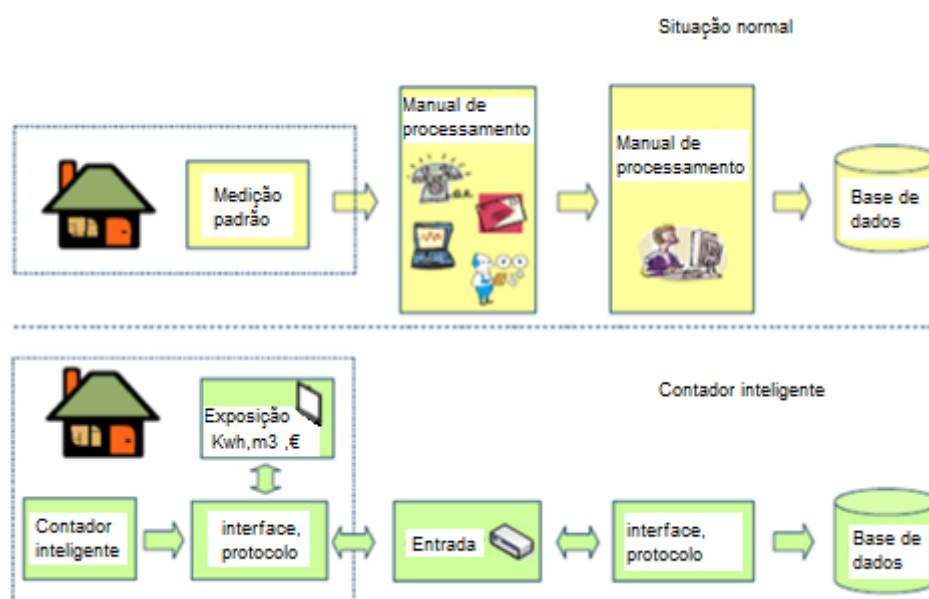


Figura 3.18 – Evolução para os sistemas de telemedição (Kema.com,2010).

A telecontagem é composta por um conjunto de equipamentos locais que efetuam a contagem do consumo de água (energia ou gás) e que garantem a memorização remota dos respetivos valores em períodos de integração determinados. Estes equipamentos locais são dotados de capacidade de comunicação e informação entre si e com equipamentos centrais que efetuam a recolha centralizada da informação e o subsequente tratamento, nomeadamente para efeitos de liquidação e faturação, alarmes, fugas, entre outras.

Um sistema de telecontagem é tipicamente constituído pelas seguintes unidades, Figura 3.19:

- Unidade local: dedicada á leitura, registo e transmissão de dados e que é composta pelo contador-totalizador, pelo emissor de implusos e pelo módulo de comunicação remota, “*Remote Terminal Unit (RTU)*”;
- Unidade intermédia: designada por concentrador, destinada a receber as leituras de um conjunto de contadores, armazená-las e a transmití-las para a unidade remota de recolha e processamento de dados;
- Um sistema de comunicações, subdividido em duas partes: a primeira parte faz a comunicação entre a unidade local e o concentrador; a segunda parte

faz a comunicação entre o concentrador e a unidade remota de recolha e processamento de dados e pode utilizar múltiplas redes de comunicação;

- Uma unidade remota para recolha e processamento de dados de consumo, que pode estar integrada nos sistemas de faturação e de gestão de clientes da EG.



Figura 3.19 – Principais Componentes de um SDT.

Os sistemas de telecontagem não englobam apenas os equipamento de medição, contadores, mas existe todo um conjunto de equipamentos e sistemas de informação e processamento de dados de consumo. Embora os sistemas de gestão de consumos já existam, muitas vezes têm que ser reconfigurados de modo a adequarem-se ao crescente volume de dados bem como ao grau de interatividade entre o próprio sistema e os agentes que o utilizam (ERSE, 2007).

### 3.6.2. A implementação de sistemas de telecontagem de água nas entidades gestoras

De acordo com (Nuno Medeiros, 2007), as entidades gestoras apresentam as seguintes motivações para adoção de sistemas de telecontagem, estas são discriminadas seguidamente e expressas de forma gráfica na Figura 3.20.

**Leitura dos contadores:**

- Decréscimo dos custos gerais associados à leitura dos contadores;
- Leituras de consumo com maior frequência (importante em clientes com comportamento flutuante);
- Leituras de consumos com maior fiabilidade, através da eliminação de leitura por estimativa e com maior eficiência (deteção mais fácil de usos de água não autorizados ou de alterações não autorizadas nos contadores).

**Sistema de faturação e de gestão de clientes:**

- Minimização das leituras por estimativa (particularmente importante nos locais de difícil acesso);
- Redução do volume de água não faturado;
- Redução do número de reclamações por parte dos clientes, em termos de faturação;
- Otimização da qualidade de serviço prestada;
- Implementação de políticas tarifárias segmentadas por sazonalidade ou por períodos noturnos.

**Parque de contadores:**

- Monitorização do estado do contador, através da emissão de alertas;
- Melhor e maior informação para a aquisição de contadores fiáveis, à medida que se faz a substituição dos contadores antigos.

***Cross-selling* de serviços:**

- Oferta de novos serviços relativos ao fornecimento de informação sobre o perfil de consumos dos clientes;
- Oferta de serviços complementares na deteção atempada de roturas nas redes prediais.

**Operação e manutenção da rede**

- Apoio na monitorização da rede de distribuição (e.g., deteção mais fácil de consumos elevados);
- Realização de balanços hídricos com maior frequência, que vão permitir um controlo mais eficaz e eficiente da gestão da água;

- Permissão na recolha de informação sobre parâmetros como relevantes como: pressão, ruído, parâmetros de qualidade de água.

A adoção deste tipo de sistemas, por outro lado impõe novas metas e desafios às entidades gestoras que muitas vezes podem criar entraves na sua utilização e expansão:

- As EG necessitam de dispor de um sistema de faturação e de gestão de cliente eficiente (correta codificação dos locais de consumo, requisitos para a instalação de contadores normalizados e antevisão da pré-instalação de sistemas de comunicação, roteiros de leitura fiáveis);
- Os recursos humanos têm que ter formação específica sobre os sistemas de telecontagem, nomeadamente dos leitores e dos técnicos de manutenção dos contadores;
- Gestão e manutenção de uma nova infraestrutura de recolha, transmissão e armazenamento de informação, para a qual é importante dispor de bons mecanismos de monitorização (emissão de alertas sobre baterias, falhas de comunicação, estado dos contadores, entre outras);
- Necessidade de adequação e renovação do parque de contadores aos requisitos dos sistemas de telemetria;
- Necessidade de formação de equipas especializadas, em termos do processamento e análise dos dados de consumo;
- Interligação com outros sistemas de informação no seio de uma EG;
- Análise custo-benefício da aplicação de sistemas de telecontagem tendo em consideração a inexistência de histórico quanto aos custos de manutenção dos sistemas em produção e a reduzida possibilidade e conhecimento da materialização da totalidade dos benefícios.



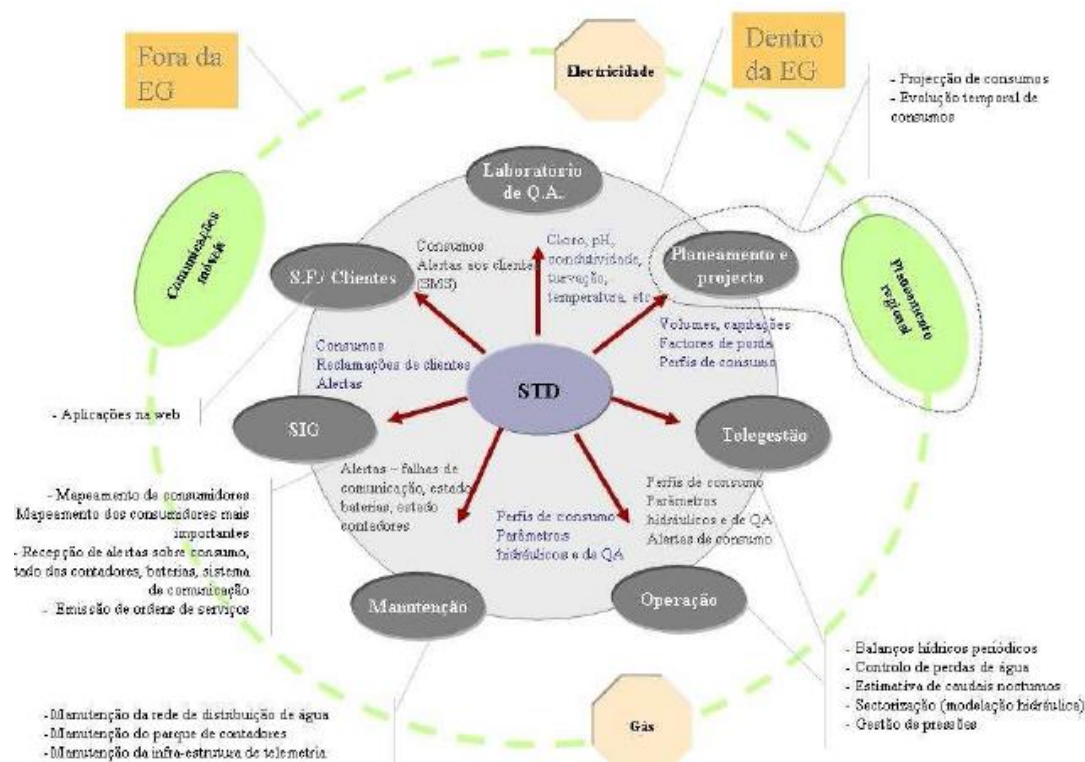


Figura 3.20 – Integração dos STD com outros agentes no seio de uma EG.

### 3.7. Instrumentos e tecnologias para o armazenamento e gestão da informação.

A gestão da informação de um sistema de abastecimento de água constitui, hoje em dia, uma tarefa para as EG. A sua credibilidade e sucesso dependem não só da qualidade dos dados armazenados, mas também da forma como a informação é gerida.

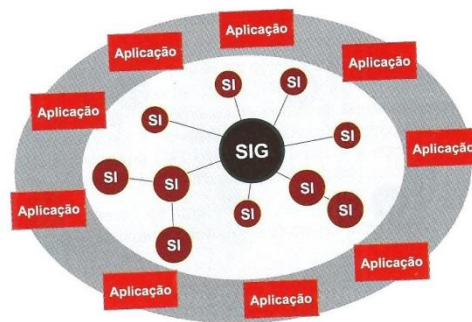
Os sistemas de informação estratégicos entendem-se por sistemas informáticos que a qualquer nível organizacional contenham a informação de suporte sobre questões operacionais, serviços, objetivos e produtos permitindo à organização obter ganhos de produtividade e eficiência, o que se traduz em vantagens competitivas. Estes sistemas estão completamente demarcados dos sistemas de informação que apoiam as decisões estratégicas das organizações.

Os sistemas de informação estratégicos mais comuns usados no seio das entidades gestoras de abastecimento de água são (Alegre, 2007, Coelho et al., 2006b):

- Sistemas de informação geográfica (SIG);

- Sistemas ERP(“Enterprise Resource Planning”);
- Sistemas de gestão de clientes;
- Sistemas de apoio à contabilidade;
- Sistemas de telemedição e de telegestão (SCADA).

Todos estes sistemas têm relevância para a gestão patrimonial das infraestruturas (GPI), dado que todos eles possuem informação relevante para o conhecimento das características físicas e o estado de conservação das infraestruturas, da qualidade do serviço prestado e das solicitações a que estão sujeitas, entre outros. Os sistemas de informação são complementares entre si, pelo que se espera que o seu desenvolvimento e planeamento deverão ser coordenados e corretamente articulados. O sistema SIG é aquele que frequentemente possui a plataforma integradora, Figura 3.21, e é sobre ele que iremos estar focados.

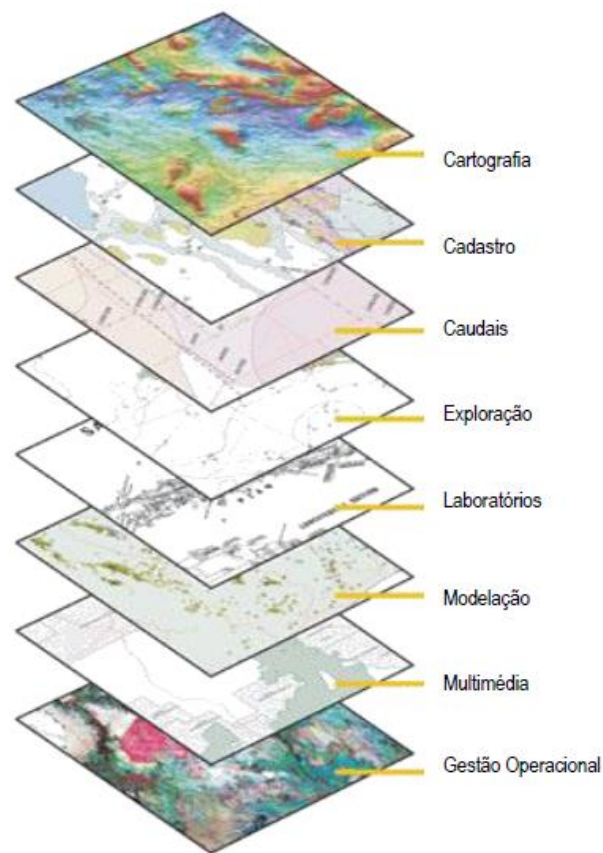


**Figura 3.21 – Integração dos sistemas de informação.**

Devido às particularidades afetas aos sistemas de abastecimento de água, cujas infraestruturas e clientes estão dispersos geograficamente, com elevados padrões de exigência do serviço a prestar, é apropriado considerar o SIG como ferramenta indispensável na exploração, gestão e auxílio à decisão (Simão, 2000).

O SIG pode ser definido como o conjunto formado pela tecnologia de informação, dados e procedimentos para obtenção, armazenamento, análise e apresentação de dados geográficos e informação descritiva sobre características geográficas, assim como é um instrumento de análise, cuja grande vantagem é a de permitir identificar relações espaciais entre características geográficas representadas em mapas.

Os temas de informação passíveis de integração nos SIG encontram-se representados na Figura 3.22.



**Figura 3.22 – Temas de Informação.**

Os sistemas de informação geográfica devem englobar um conjunto de princípios que permitam tornar o funcionamento do mesmo prático e eficaz. Destacam-se os seguintes pontos:

### **Autonomia**

O sistema deverá ser autónomo, em relação à sua administração bem como ao conjunto de dados e informação que é exclusivo aos SIG. Segundo Leipnik *et al.* (1993), os procedimentos de configuração do sistema, manutenção e atualização deverão ser da responsabilidade de um administrador do modelo.

### **Integração**

O sistema deve reunir e copular informação proveniente dos diversos locais e proceder à sua representação no espaço físico e geográfico. Também se espera que o SIG tenha a capacidade de se integrar no todo dos diversos sistemas de informação

e constituir assim uma parte integrante dos sistemas de informação (Silberschatz *et al.*, 1997).

### **Fiabilidade e credibilidade**

O SIG e o modelo de dados associados deverão ser fiáveis, de modo a que o processo de obtenção e validação dos dados garanta a precisão do conteúdo da informação. A conceção do sistema, designadamente as funções que disponibilizará e o nível de detalhe da informação, deverá ser equilibrada, de forma a minimizar a sua complexidade (Healey, 1991).

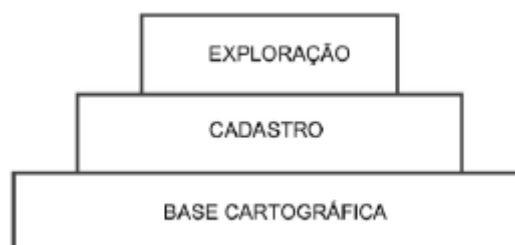
### **Adaptável e evolutivo**

O SIG tem que ser adaptável às necessidades do sistema de abastecimento de água. De acordo com Shepherd (1991), a evolução deve ser possível para o desenvolvimento de novas aplicações que não deverão ser condicionadas por limitações da tecnologia de suporte.

### **Simplicidade e objetividade**

O sistema deverá ser simples e intuitivo, evitando-se a complexidade. Em todas as fases, deve responder a objetivos bem definidos baseados em critérios concretos para apoio ao planeamento, engenharia, bem como a futura exploração.

O SIG desenvolve-se segundo uma estrutura de camadas, Figura 3.23, em que cada estrato representa um nível distinto de informação. Na base do modelo encontra-se a informação cartográfica da área de intervenção. O segundo estrato, cadastro, integra toda a informação das redes e infraestruturas dos sistemas de abastecimento de água. Por último, existem dados do sistema de exploração que integra dados como medições, caudais, pressões, níveis de reservatórios de água, entre outros.



**Figura 3.23 – Hierarquia da informação.**

Toda a construção da pirâmide obedece a uma ordenação decrescente quanto à estabilidade da informação ao longo do tempo e respetivos custos de aquisição e atualização, à medida que se sobe da base até ao topo.

Para uma melhor perceção dos elementos que integram cada uma das camadas, passa-se a expor alguns elementos da sua constituição.

### **Cartográfica**

O sistema de informação geográfica será suportado em elementos como: cartas militares, ortofotomapas, modelos digitais de terreno, entre outros. Segundo a AdML (2004) esta informação, em benefício da uniformização e sistematização, deverá ter as seguintes características:

- Datum 73;
- Elipsóide: Hayford;
- Datum altimétrico nacional (Marégrafo de Cascais);
- Sistema de coordenadas: retangulares;
- Projeção de Gauss;
- Ligação à rede geodésica nacional.

Segundo a mesma fonte, a base do SIG será assente em mapas georreferenciados compostos por:

- Carta militares: escala 1:25 000;
- Cartografia municipal: escala 1:10 000;
- Levantamentos topográficos: escala 1:1 000;
- Ortofotomapas;
- Modelos digitais de terreno;
- Dados de delimitação administrativa;
- Dados demográficos;
- Dados sobre o uso de solo;
- Dados de caracterização hídrica.

### **Informação Cadastral**

Os dados que compõem a informação do cadastro são as infraestruturas dos sistemas de abastecimento, parcelas de terreno, edifícios e sistema de telegestão.

No entanto, nem todos os elementos do cadastro serão georreferenciados. De acordo com Simão (2000), a eficácia de um sistema como o SIG, cuja profundidade do detalhe é elevada, onera o esforço de manutenção e atualização tornando-o mais complexo, sem que daí se obtenham ganhos significativos.

### **Dados de Exploração**

A grande vantagem do SIG está em associar os dados alfanuméricos provenientes da exploração e manutenção com o seu contexto geográfico (Leipnik *et al.*, 1993). Os dados alfanuméricos provenientes da exploração e manutenção a disponibilizar pelo SIG deverão ser associados às famílias das infraestruturas cadastradas.

Identificam-se na Tabela 3.10, os três grupos de dados em que se podem subdividir os dados de exploração.

**Tabela 3.10 – Subdivisão dos dados de exploração**

Dados de desempenho	Dados de Operação e Manutenção	Dados de Controlo da Qualidade
Consumos	Histórico de intervenções	Parâmetros de qualidade de água
Caudais	Histórico de manutenções	Parâmetros de qualidade de descarga
Consumos de Energia	Programas de Inspeção	Relatórios de análises Físico-químicas
Reagentes	Programas de manutenção	Relatórios de análises Biológicas
	Inspeção de vídeo	
	Custos	
	Estados operacionais	
	Existências	

### **3.8. Conclusão da pesquisa bibliográfica**

A redução dos volumes de água perdida nos sistemas de abastecimento de água revela-se, hoje, fundamental para qualquer entidade gestora a nível mundial. Existe uma nova abordagem sustentável sendo urgente desenvolver todos os esforços para racionalizar este bem tão escasso e vital para a sobrevivência do homem e do planeta. As entidades gestoras têm um enorme desafio e, a par disso, uma oportunidade para reduzir custos e aumentar a eficiência dos seus sistemas.

Os sistemas de abastecimento de água não se podem considerar complexos. No entanto, são compostos por variados órgãos e em todos eles ocorrem fugas, dado que, não existem sistemas completamente estanques. A quantidade de água desperdiçada é o melhor indicador da eficácia desses sistemas e ainda é típico

observarem-se quantidades de água não faturada que rondam os 50%, podendo mesmo chegar até aos assustadores 80%.

Para que se possa desenvolver um trabalho sério e produtivo, as entidades gestoras devem adotar uma atitude proativa, dispor de meios técnicos e humanos adequados, capacitados e sempre orientados por uma estratégia realista, sustentável e economicamente viável. A primeira fase de intervenção deve privilegiar as medidas operacionais como a gestão da pressão, o controlo ativo de perdas e a reparação rápida e eficiente das fugas e roturas e, por último, numa segunda fase, devem apostar na renovação e substituição de condutas por se tratar de uma medida mais dispendiosa.

Vários trabalhos científicos têm sido desenvolvidos nesta área e são aceites internacionalmente, podendo-se destacar o trabalho desenvolvido pela IWA que conta com a participação de Malcolm Farley, Allan Lambert, Julian Thornton, entre muitos outros especialistas. Em Portugal existem inúmeros trabalhos de reconhecido valor destacando-se Helena Alegre, Joaquim Poças Martins entre muitos outros.

O sucesso da redução das perdas no sistema em baixa assenta em políticas realistas, de proatividade e na mudança urgente da consciência a fim de garantir, no mais curto espaço de tempo, o cumprimento das metas legislativas e, sobretudo, a eficiência e sustentabilidade do sistema que, não sendo complexo, apresenta um elevado grau de exigência na sua gestão e otimização. A redução das perdas produzirá ganhos ambientais, económico-financeiros, sociais e políticos muito significativos.

#### **4. CARATERIZAÇÃO HISTÓRICA E CONTEXTUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE VIANA DO CASTELO.**

Em reunião da Câmara Municipal de 27 de junho de 1928, é deliberada a municipalização dos Serviços de Águas, com efeito a partir do 1º de julho do mesmo ano. Nesta mesma reunião são lançadas as bases da referida municipalização e respetivo projeto de regulamento para abastecimento e consumo. Em 04 de julho de 1928, nos termos do Decreto-Lei 13350 de 25 de março de 1927, foi constituída e nomeada, em sessão camarária, a Comissão Administrativa dos Serviços Municipalizados de Viana do Castelo, presidida pelo Capitão Gaspar Malheiro Pereira de Castro (à altura também Presidente de Câmara), pelo Tenente Jacinto de Magalhães Faria Araújo, como Vice-Presidente e pelo Tenente Alberto Sousa Machado como Secretário. A referida Comissão reúne, pela primeira vez, a 15 de janeiro de 1930, sendo proposto e aprovado, por unanimidade, o contrato com o Eng.º Civil Carlos Alberto da Costa Martins Vieira, para Diretor dos Serviços Municipalizados.

Entre 1930 e 1970, o abastecimento de água dissemina-se na área citadina. Tendo em 1932, os Serviços Municipalizados, cerca de 1.423 consumidores de água na cidade.

A 20 de outubro de 1971 é deliberada a municipalização dos serviços de saneamento, serviços estes que, no final da década de 80, terão um forte incremento por força dos fundos comunitários. Em 1984, é concluído o projeto de captação de água do Rio Lima, em Bertandos e em 1985 é concluída a captação de Barroelas, no Rio Neiva.

A 01 de março de 1991 são integrados nos Serviços Municipalizados os serviços de recolha, depósito e tratamento de resíduos sólidos domésticos, bem como os de higiene e limpeza urbana, até então assegurados pela Câmara Municipal, sendo que nesse mesmo ano a denominação inicial de Serviços Municipalizados de Viana do Castelo, passou à designação atual de Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo.

Em julho de 2000, é constituída a empresa Águas do Minho e Lima, S.A. com responsabilidade de construir, explorar e gerir o Sistema Multimunicipal em alta de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais do Minho e Lima.



Nesta altura os SMSBVC contam com 40.009 consumidores de água, 31.000 utilizadores da rede saneamento e recolha diária de resíduos sólidos a 100% da população. Os SMSBVC definiram como visão primordial ser uma empresa de águas de referência a nível europeu, cuja missão passe por melhorar a qualidade de vida dos vianenses e o ambiente de Viana do Castelo, através de um serviço de excelência que garanta o fornecimento constante de água com qualidade e o tratamento completo das águas residuais, sistema de tratamento de resíduos, limpeza e manutenção dos espaços públicos. Os SMSBVC promoveram e realizaram um conjunto estruturante de projetos em todas as suas áreas de intervenção que permitiram o seu crescimento natural e sustentabilidade da empresa e dos seus serviços. No abastecimento de água destacam-se os projetos de otimização e de gestão das redes de distribuição recorrendo às novas tecnologias, cujo objetivo prevê numa redução significativa do volume de água perdido na rede.



**Figura 4.1 – Fotografias da placa identificativa, chafariz público e equipas de limpeza dos SMSBVC**

## **5. ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO**

### **5.1. Âmbito**

De acordo com a pesquisa bibliográfica efetuada e recorrendo aos conhecimentos existentes relativos às perdas reais e sistemas de telecontagem, constata-se que, do ponto de vista técnico, o controlo das perdas reais de água tem por base a eficaz e eficiente aplicação de quatro medidas práticas: A gestão da pressão; o controlo ativo de perdas; a reparação rápida de fugas e roturas; a substituição de condutas.

Pretende-se com este trabalho, desenvolver um estudo no âmbito do combate às perdas reais, nos sistemas de abastecimento de água com o recurso às novas tecnologias, dado que, através destas, as EG obtêm os dados em tempo real e podem efetuar a sua análise com o intuito de detetar, oportunamente e quase em tempo real, os problemas nas redes, contribuindo, deste modo, para uma maior celeridade no combate às perdas reais de água.

Os sistemas de telemetria, como anteriormente referido, nem sempre são explorados na sua máxima capacidade e muitas vezes apenas estão a servir para o controlo de faturação. Com esta dissertação, pretende-se demonstrar que o uso de sistemas de telemetria auxilia em grande escala a eliminação de perdas reais nas redes de abastecimento.

Esta dissertação foi concebida em ambiente empresarial, nos Serviços de Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBVC). Pretendeu-se com esta parceria aproveitar a experiência que a entidade possui no sector do abastecimento de água e, ao mesmo tempo, expor um caso real de estudo trabalhando com dados reais, numa zona previamente definida e com características específicas.

### **5.2. Objetivos**

Com a realização desta dissertação, pretende-se compreender de que forma é que o uso de novas tecnologias contribui para a monitorização das redes de abastecimento de água, tendo como principal meta, a deteção de novas fugas contribuindo, acentuadamente, para a redução dos volumes de água perdidos.

Com o recurso ao uso das novas tecnologias de monitorização das redes e deteção de fugas, as EG podem tomar uma atitude proativa e desenvolver esforços em tempo

real para combater as perdas de água obtendo ganhos económicos, materiais e ambientais muito significativos.

Deste modo a presente dissertação visa essencialmente demonstrar que o uso das novas tecnologias é relevante para o combate às perdas reais de água e que permite às EG obterem ganhos em diversas áreas.

## **6. ESTUDO DE CASO**

### **6.1. Monitorização e gestão das redes de abastecimento de água.**

As redes de abastecimento de água necessitam de ser monitorizadas permanentemente de modo a garantir aos consumidores um nível de serviço de elevada qualidade, no que respeita à qualidade da água, pressão e continuidade de serviço. As EG devem zelar e desenvolver todos os esforços no sentido de garantir que não ocorram fugas e perdas na rede e quando as houver sejam detetadas o mais prontamente possível para que sejam reparadas, diminuindo a quantidade de água perdida e contribuindo, deste modo, para a redução dos volumes de água não faturada, para a redução de custos e para uma gestão eficiente da água.

As EG têm procurado otimizar os seus sistemas de abastecimento e reduzir os volumes de água não faturada, tendo em vista a correta gestão do uso da água, a contenção de despesas e o aumento dos proveitos. Também com esta perspetiva e com a crescente evolução dos sistemas tecnológicos, têm surgido inúmeros meios de apoio à monitorização operacional das redes de abastecimento que permitiram às EG alavancarem os processos de gestão eficiente dos seus sistemas de abastecimento. Nesta procura constante de modernização e melhoria, as EG têm-se apetrechado de softwares de gestão, equipamentos de monitorização e apoio à decisão que se têm vindo a revelar essenciais para a eficiente gestão das redes.

Assim como outras EG, os SMSBVC têm sabido acompanhar a evolução dos tempos e promovem políticas orientadas para o combate às perdas de água. Esta consciência permitiu, por um lado, a adoção de medidas estruturantes para o cumprimento dos objetivos propostos, como a forte aposta em aquisição e substituição de equipamento adaptado aos novos tempos, bem como uma mudança de comportamento tendo por base a procura proativa dos problemas das redes de abastecimento em detrimento da manutenção curativa após o aparecimento dos problemas. A introdução de sistemas de monitorização em tempo real e a aposta em parcerias estratégicas e inovadoras para monitorizar e otimizar a gestão integrada de todos os seus serviços tem permitido, aos SMSBVC, olharem para o futuro com otimismo e com a certeza que os objetivos serão atingidos.

O caso de estudo desenvolvido na presente dissertação, realizado nos SMSBVC, visou estudar uma zona concreta da rede de abastecimento de água e demonstrar, essencialmente, que a utilização de tecnologias de monitorização das redes é eficaz

na deteção de fugas e perdas e contribui, largamente, para a redução dos volumes de água perdida no sistema.

## **6.2. Caraterização do sistema de abastecimento em alta que fornece os SMSBVC**

Os SMSBVC são a entidade que promove a gestão do abastecimento de água do concelho de Viana do Castelo sendo, também, a responsável pela captação e tratamento da maior parte do volume de água distribuído na sua jurisdição. Cerca de 10% da água distribuída pelos SMSBVC provém do fornecimento da empresa Águas do Noroeste, S. A. (AdN) que, neste caso, trata da gestão em alta e é responsável pelo Sistema Multimunicipal do Noroeste. A AdN substituiu, por fusão, os sistemas multimunicipais de captação, tratamento e abastecimento de água do norte da área do Grande Porto, do abastecimento de água e de saneamento dos sistemas do Minho-Lima, Cávado e Ave Figura 6.1.

A empresa AdN é responsável por um investimento na ordem dos 823 milhões de euros (1995-2017). O investimento total previsto para o abastecimento de água é de cerca de 416,1 milhões de euros, o qual prevê a integração/construção de 14 captações, 13 estações de tratamento de água (ETA), cerca de 1.196 km de condutas adutoras, 104 estações elevatórias e 273 reservatórios de entrega. Este investimento vai permitir alcançar uma taxa de atendimento de cerca de 97% da população total do Noroeste de Portugal.

O Sistema de Abastecimento de Água está dimensionado para fornecer 67,1 milhões de m<sup>3</sup> de água potável por ano no horizonte de projeto a uma população residente estimada em um milhão de habitantes.



**Figura 6.1 – Concelhos servidos pela gestão das Águas do Noroeste.**

### **6.3. Caraterização do sistema de abastecimento em baixa dos SMSBVC**

O sistema adutor em baixa do concelho de Viana do Castelo desenvolve-se desde a captação e ETA de Bertiandos e Barroselas, das captações da Veiga da Areosa e de Anha, de minas, nascentes e de uma pequena percentagem que é fornecida pela AdN. A partir desses pontos de captação e entrega, a água é distribuída para reservatórios municipais e, a partir destes, a distribuição é feita até aos consumidores, Figura 6.2.

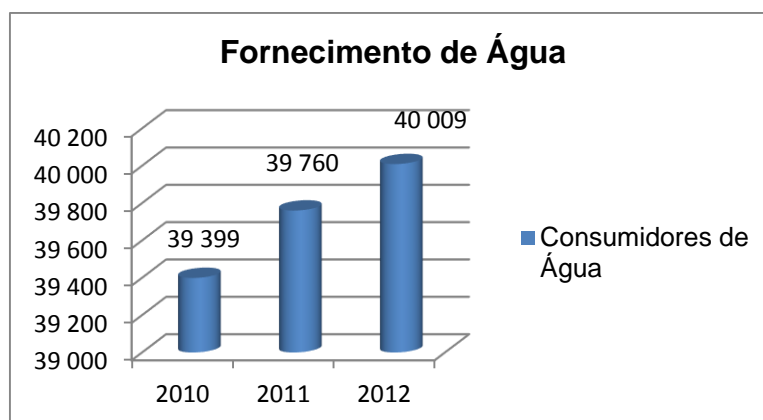


**Tabela 6.1 – Dados do fornecimento de água em 2012 dos SMSBVC.**

<b>Água Entrada no Sistema</b>	<b>Volume (m³)</b>
Captação Bertandos	2.810.815
Captação de Barroselas	1.138.638
Captação Veiga Areosa	394.961
Captação Veiga de Anha	144.268
Outras Captações	55.033
Minas St. <sup>a</sup> Luzia, Cova e Lanheses	1.317.052
Águas do Noroeste	270.986
<b>Total</b>	<b>6.131.753</b>
<b>Água Faturada</b>	<b>Volume (m³)</b>
SMSB Viana do Castelo	3.450.938
Município de Ponte de Lima (CMPL)	953.725
<b>Total</b>	<b>4.404.663</b>
<b>Perdas</b>	<b>Volume (m³)</b>
<b>SMSBVC</b>	<b>1.727.090</b>

A rede de distribuição tem aumentado e atualmente serve 40.009 consumidores como se constata na Figura 6.3 e tem uma extensão de 892Km de adutoras e condutas cadastradas.

Relativamente à extensão física de infraestruturas existentes para o abastecimento de água, o sistema conta com 97% de cobertura mas o número de adesões à rede ainda não é o desejado, dado que só 79% estão ligados. Em relação ao tipo de clientes eles são provenientes, essencialmente, do setor doméstico, do comércio e da indústria, Figura 6.4.



**Figura 6.3 – Evolução do fornecimento de água de aos consumidores.**



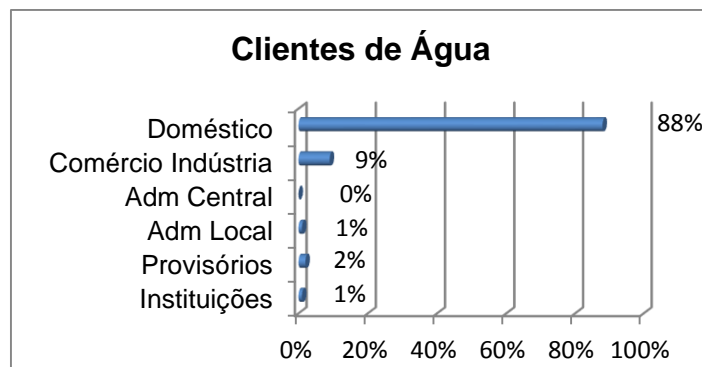


Figura 6.4 – Distribuição por tipo de clientes de água.

Do ponto de vista da subdivisão da gestão da água, apresenta-se na Figura 6.5 e na Tabela 6.2 a distribuição do número de habitantes servidos por cada zonamento de captação. Existem cinco sistemas de abastecimento em que abarcam dezassete captações e quarenta e nove reservatórios de água.

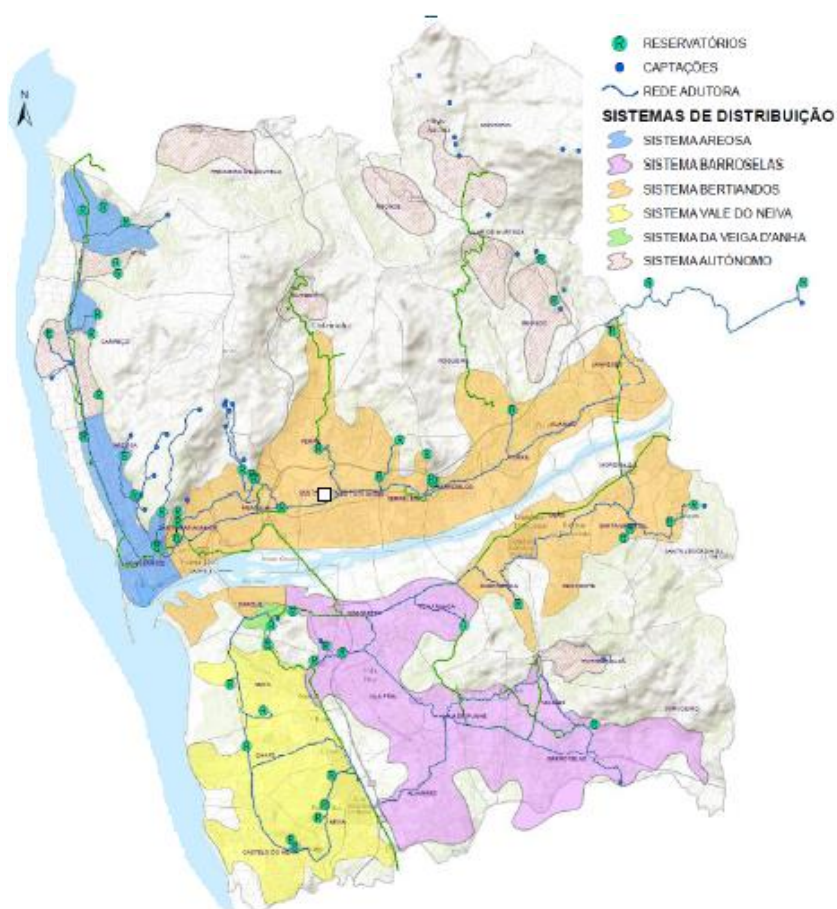


Figura 6.5 – Subdivisão das zonas de captação e respetivas áreas de abastecimento.

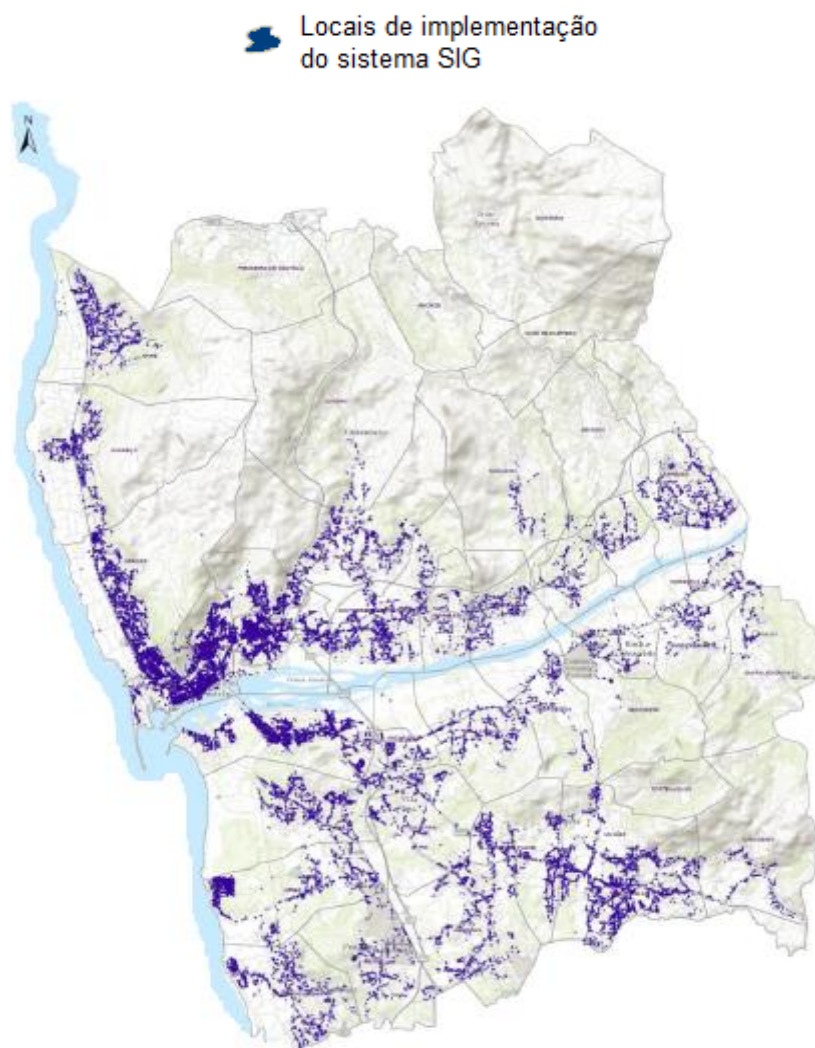
**Tabela 6.2 – Número de habitantes servidos por cada zona de captação.**

Zonas de Abastecimento		População Servida
EG	Designação	Nº de habitantes
SMSBVC	Bertiandos	37500
SMSBVC	Barroselas	14800
SMSBVC	Areosa	17000
SMSBVC	Vale do Neiva	9700
SMSBVC	Veiga de Anha	5000
Juntas de Freguesia	Afife, Carreço, Montaria, Amonde, Portela Susã, Freixieiro de Soutelo, Vilar de Murteda, Meixedo, Outeiro	5160

Os SMSBVC têm implementado um sistema de informação geográfica. Este tem o intuito de proceder ao registo das coordenadas geográficas das redes de abastecimento e demais informações sobre as infraestruturas existentes como condutas (extensão, diâmetros, materiais e ano de implantação), ramais de ligação domiciliários e respetivos contadores com faturação associados em pontos de consumo, números de polícia de todas as habitações e válvulas de seccionamento e acessórios (hidrantes e juntas cegas). Atualmente, os serviços têm georreferenciadas 48.130 instalações, 102 km de ramais cadastrados e 892 km de rede de distribuição cadastrada, possuindo 5 sistemas de abastecimento e 49 reservatórios de distribuição.

A metodologia implementada para o combate às perdas passa pela: Criação de ZMC; controlo de pressão na rede; colocação de medidores em todos os locais de consumo de água; monitorização dos consumos; registo de todas as ocorrências; rapidez de atuação nas fugas; controlo ativo de fugas

Desde a sua aquisição, têm sido cadastradas várias zonas com o sistema de informação geográfica como se pode constatar na Figura 6.6.



**Figura 6.6 – Áreas com a implementação de sistemas SIG.**

Os SMSBVC têm vindo a implementar um conjunto de renovações do seu parque de contadores, substituindo os contadores volumétricos por contadores que permitam a leitura por telemetria. Foram instalados cerca de 8.800 contadores e foram criadas cerca de 50 zonas de monitorização, tendo em vista o estudo das redes de abastecimento e a monitorização e otimização das mesmas.

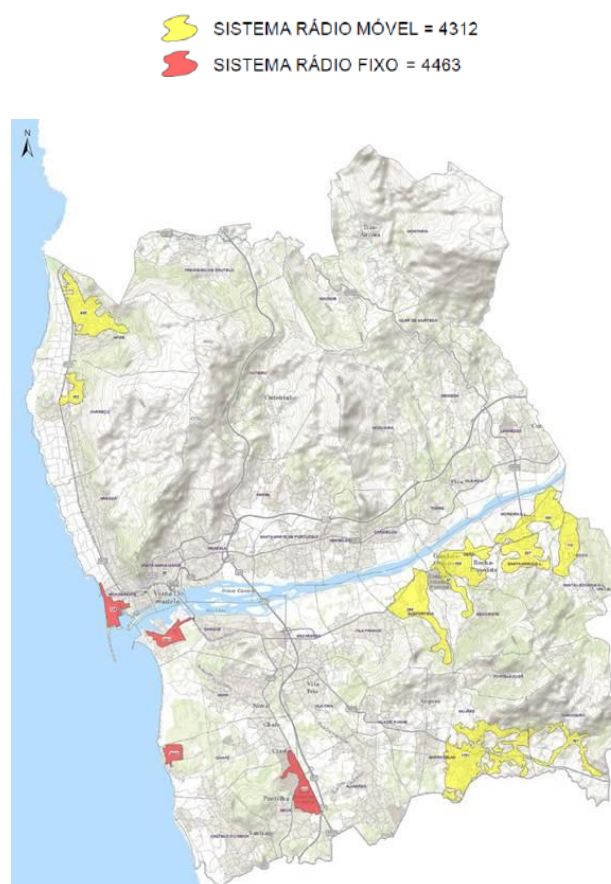
O projeto de implementação da telecontagem contempla dois sistemas: um sistema de comunicação de dados por rádio móvel e um sistema de comunicação de dados por posto fixo via GPRS.

A telegestão fornece o registo contínuo de um conjunto de informações onde se destacam na qualidade da água as informações sobre o teor do cloro e o nível de pH e na gestão os caudais instantâneos e totalizados, os níveis dos reservatórios, o

estado de funcionamento dos sistemas de bombagem, o registo de histórico de funcionamento e de todos os valores adquiridos.

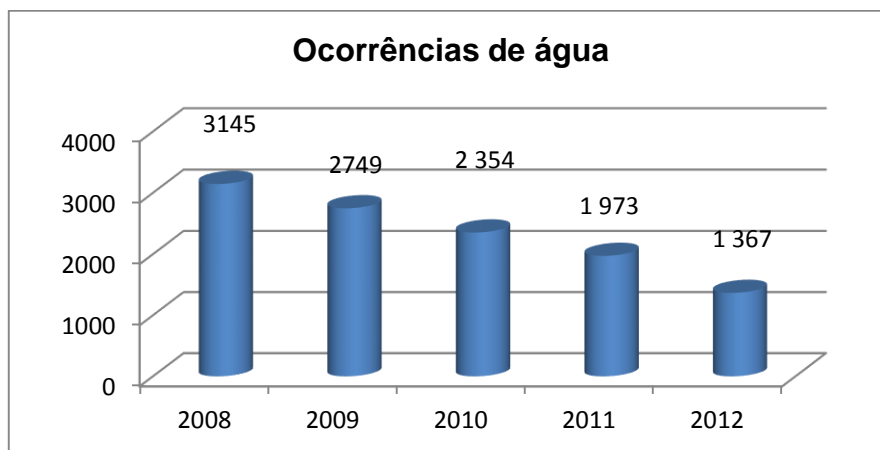
Este investimento, apesar de ter um custo inicial elevado, apresenta inúmeras vantagens, dado que para além de medir em tempo real o consumo de água, possibilita uma articulação no tratamento de dados de modo a que se promova a faturação das quantidades reais em detrimento da faturação por estimativa. Permite, também, a deteção das fugas nas redes prediais, dado que possibilita a execução de balanços hídricos que, após análise, permitem a deteção de fugas nas redes de distribuição dos SMSBVC, contribuindo largamente para o aumento da adaptabilidade dos sistemas de abastecimento às condições reais exigidas.

Na Figura 6.7, podem-se verificar as zonas pertencentes à jurisdição dos SMSBVC que possuem sistemas de telemetria instalados bem como o número de consumidores servidos, e as zonas onde estão a ser implementados estes equipamentos.

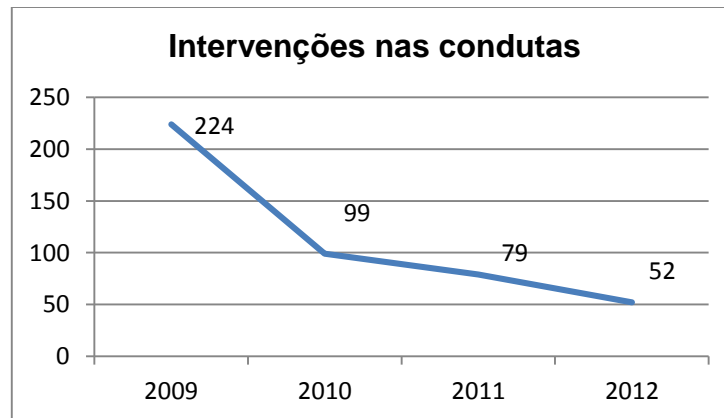


**Figura 6.7 – Locais onde estão implementados sistemas de telemetria.**

O número de ocorrências (fugas e roturas detetadas) têm vindo a reduzir, nos últimos anos, de forma sustentada, Figura 6.8. Esta redução deve-se, principalmente, à implementação de um conjunto de medidas integradas, entre as quais a manutenção preventiva e proativa, passando, também, pela renovação das redes em zonas de roturas frequentes e pela redução de pressões, Figura 6.9.



**Figura 6.8 – Evolução das ocorrências no sistema de abastecimento.**



**Figura 6.9 – Evolução das intervenções no sistema de abastecimento.**

Os SMSBVC dispõem no seu sistema de um conjunto constituído por geofone acústico de escuta, microfone digital para análise de ruído, sonda para contato direto com a tubagem, dez loggers para a monitorização em contínuo de fugas de água, por correlação imediata e remota entre os sensores, e um medidor de caudal portátil, Figura 6.10.



Figura 6.10 – Equipamento para a deteção de fugas (loggers e geofone acústico).

No que diz respeito ao volume de perdas, os SMSBVC têm adotado medidas de combate para tentar reduzir a percentagem de água não faturada, pelo que a adoção de políticas de monitorização irá levar ao decréscimo desejado. No entanto, como se pode ver pela Tabela 6.3, esse esforço ainda não está a ser traduzido em números e existe um longo caminho a percorrer.

Tabela 6.3 – Evolução da percentagem de água não faturada.

	2009	2010	2011	2012
<b>Água Total Admitida á Rede (m³/ano)</b>	6.284.001	6.321.934	6.387.989	6.131.753
<b>Consumo Autorizado Faturado (m³/ano)</b>	4.465.879	4.624.658	4.576.419	4.404.663
<b>Água não Faturada (m³/ano)</b>	1.818.122	1.697.276	1.811.570	1.727.090
<b>Perdas de Água não Faturadas %</b>	<b>28,9</b>	<b>26,8</b>	<b>28,3</b>	<b>28,2</b>

Para o ano de 2013, os SMSBVC definiram como objetivo obter um volume de água não faturada igual ou inferior a 25 % que comparativamente ao ano de 2012 previa uma redução de pelo menos 3,17%. Esta redução foi fundamentada no esforço que os SMSBVC têm efetuado no âmbito das políticas de redução de perdas e na constante procura ativa de perdas, não descurando os enormes investimentos que se têm realizado no campo de aquisição de sistemas de monitorização e gestão. Esta redução pode significar, em números redondos, uma poupança de cerca de 57.000.00€. Se se considerar como ponto ótimo de volume de água não faturada aproximadamente 17% a poupança seria na ordem dos 200.000.00€. A Figura 6.11,



traduz graficamente os valores apresentados na tabela 6.3 referentes á percentagem de água não faturada.

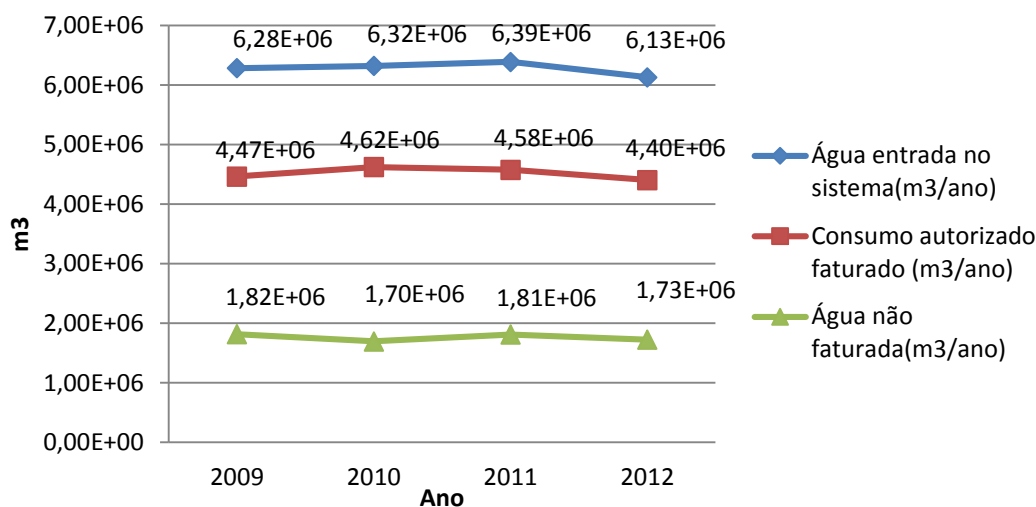


Figura 6.11 – Evolução dos volumes de água entrada no sistema, consumo autorizado e água não faturada.

#### 6.4. Monitorização da zona da Amorosa

Para perceber a importância e aplicabilidade do trabalho realizado foi escolhida uma zona do concelho de Viana do Castelo que dispõe do sistema de monitorização por telemetria. A Amorosa apresenta características muito particulares dado que é uma zona essencialmente residencial, mas onde a população, durante o fim-de-semana, aumenta consideravelmente e nos meses de verão triplica, pois é uma zona balnear de referência no concelho.

Num primeiro momento, considera-se do interesse do estudo fazer um enquadramento geral do local. Assim sendo, começa-se por fazer a descrição das características consideradas mais relevantes, no sentido de ajudar a entender determinados consumo que se apresentarão como resultado do estudo.

Foi escolhida esta área por diversos motivos, o principal é por estar equipada com sistema de telecontagem que incorpora um sistema de comunicação e armazenamento de dados com concentrador. Através destes equipamentos, os SMSBVC dispõem dos dados com o período de frequência que consideram mais conveniente. Neste caso usou-se uma recolha de leituras diárias.

A zona da Amorosa também foi previamente cadastrada em sistema SIG e através deste trabalho pode ser feita uma modelação no programa EPANET para estudo da rede em causa.

A população flutuante e a larga variação de distribuição de água entre a semana/fim-de-semana, e entre meses de inverno/verão faz com que a zona tenha particularidades muito interessantes que devem ser estudadas e monitorizadas.

Importa ainda referir que os dados referentes à população têm origem em informação disponibilizada pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), com base nos CENSOS 2011.

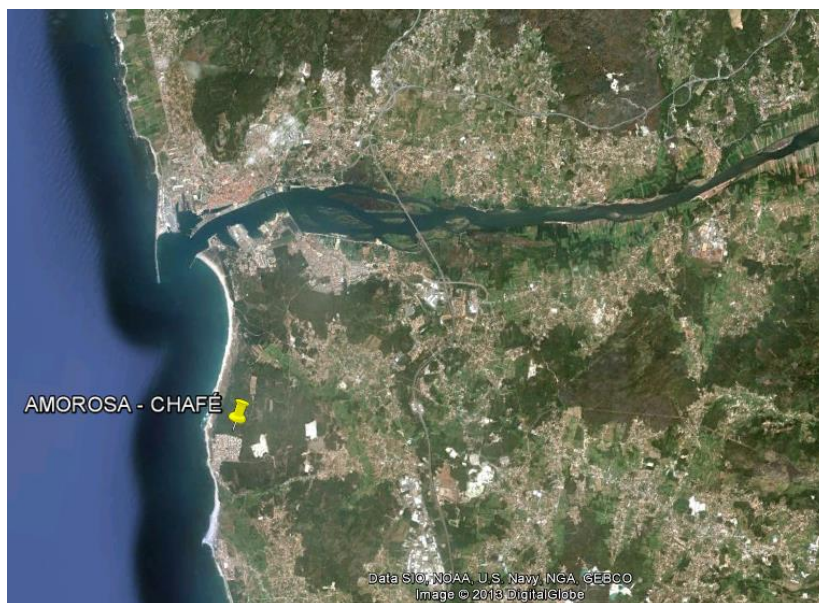
O período de recolha de informação está compreendido entre os dias 01-01-2013 e 31-03-2013, tratando-se assim de consumos referentes a 90 dias.

#### **6.4.1. Caraterização da Amorosa**

A Amorosa é um lugar pertencente à freguesia de Chafé, concelho de Viana do Castelo, Figura 6.12. Em virtude da sua excelente localização e características naturais, este local foi sofrendo uma enorme revolução na área da construção civil, uma vez que desde os anos 80 registou um acréscimo vertiginoso do número de fogos habitacionais e também algum comércio.

Esta zona é essencialmente residencial. Possui uma zona de moradias unifamiliares e blocos de apartamentos que concentram a maior parte da população residente e flutuante, Figura 6.13. Dado tratar-se de uma zona balnear, apresenta bastantes variações ao nível da população, sendo que de acordo com os censos 2011 a população residente é de 1010 habitantes, o número de fogos são 2815, pelo que considerando o valor médio por fogo de 3 pessoas (de acordo com os censos 2011) a população flutuante poderá atingir os 7400 habitantes.





**Figura 6.12 – Localização da zona da Amorosa.**

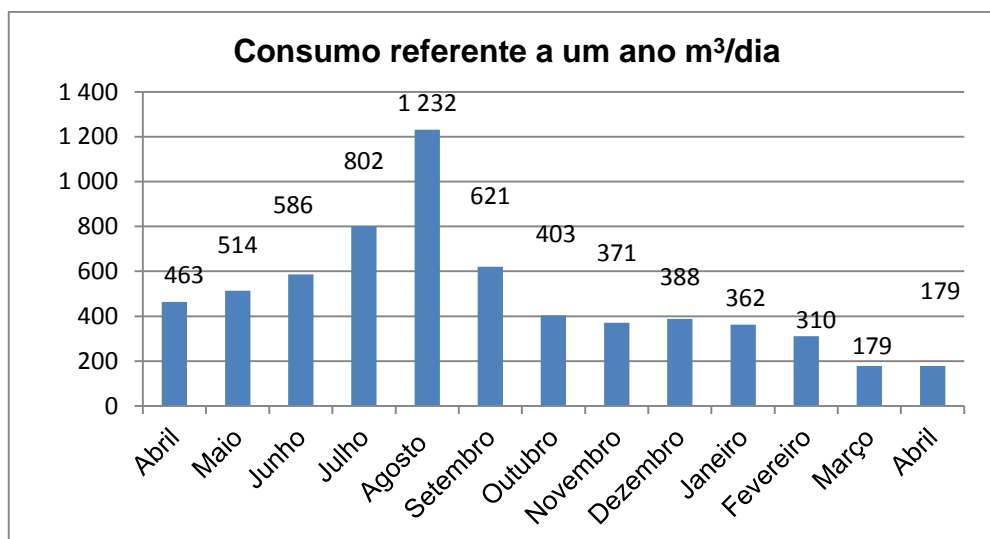


**Figura 6.13 – Zona de estudo e monitorização.**

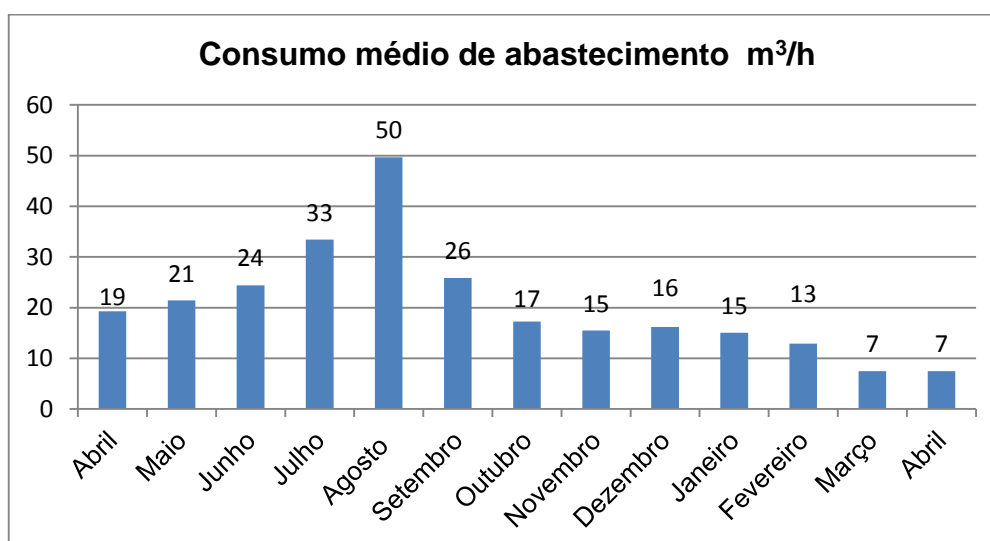
O sistema de abastecimento de água da zona da Amorosa está integrado no subsistema de Barroselas. Como origem alternativa poderá ser abastecido pelo sistema do Vale do Neiva que está ligado às Águas do Noroeste. Este sistema possui

um reservatório de armazenamento de água a nascente do local habitacional com capacidade de 300m<sup>3</sup> e está dividido em três células de 100m<sup>3</sup> cada.

Como foi referido, existe uma grande variação nos volumes de água fornecidos ao longo do ano e consoante a população aumenta nos meses de verão também o fornecimento de água acompanha esse aumento como se pode constatar pelo Figura 6.14 e Figura 6.15.



**Figura 6.14 – Consumo médio diário mensal do ano 2012**



**Figura 6.15 – Consumo médio horário mensal do ano 2012**

Esta variação pressupõe que a rede também esteja sujeita a grandes variações ao longo do ano o que por um lado pode acarretar problemas no seu funcionamento,

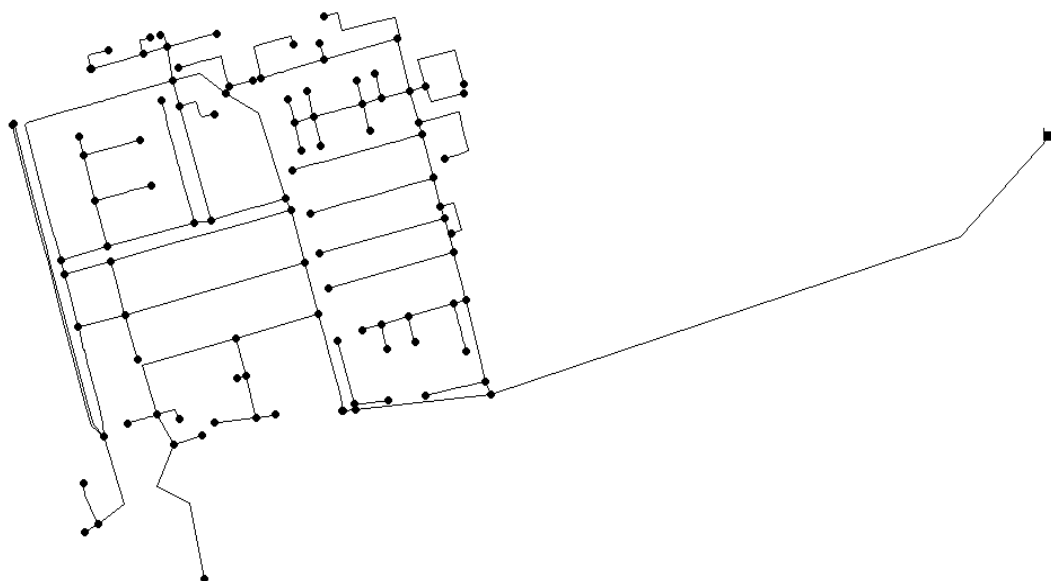
dado que nos períodos de maior fornecimento de água, a rede possa estar em algumas zonas subdimensionada para dar resposta às solicitações e em períodos de menor necessidade de abastecimento possa estar sobredimensionada.

O sistema de abastecimento da Amorosa tem uma extensão de ramais e condutas de aproximadamente 9.370m com diâmetros nominais a variar desde 50mm até 266mm. As condutas e ramais que constituem a rede de abastecimento são em PVC, Tabela 6.4.

**Tabela 6.4 – Extensão das condutas e ramais do sistema de abastecimento modelado e monitorizado.**

<b>Diâmetro da Conduta/Ramal</b>	<b>Comprimento (m)</b>
50	1110
57	3.904
68	1.227
81	800
99	227
113	155
127	268
145	197
160	43
181	361
200	16
266	1064
<b>Total</b>	<b>9371</b>

Outra das informações disponibilizadas pelos SMSBVC, relativamente à rede de abastecimento de água, é referente aos ramais de distribuição. Estes são exclusivos para cada número de polícia/bloco de apartamentos, consoante se trata de habitação unifamiliar ou multifamiliar. A rede de abastecimento possui 3.100 instalações das quais estão ligadas 2.835, possuindo 335 ramais. A Figura 6.16 evidencia os traçados existentes assim como alguns pontos de entrega e controlo.



**Figura 6.16 – Rede de distribuição da Amorosa modelada no EPANET 2.0.**

Relativamente ao sistema de telecontagem, a Amorosa integra um projeto-piloto, em parceria com o LNEC, INDAQUA, (empresa privada de distribuição de água) e com a ITRON. Este projeto contempla o levantamento e estudo das melhores técnicas que existem a nível mundial para controlo e redução de perdas em redes de distribuição água. Para além disso, prevê a identificação e definição de variáveis fornecidas por estas técnicas e o cruzamento com as variáveis que atualmente se podem obter dos sistemas de telemetria residencial, nomeadamente por rádio fixo, tendo por base uma ou mais ZMC piloto. Deste modo, foram criadas três grandes zonas de medição de forma a subdividir o espaço físico em aproximadamente 1000 contadores cada e a otimizar a análise da informação recolhida. Foram também instalados e adaptados novos contadores, que permitem a leitura por telegestão, assim como equipamentos de transmissão e análise de dados. Este investimento rondou os 300.000,00€ entre equipamento de telecontagem, cyble, contadores domiciliários e totalizadores, caudalímetro, sensores de pressão, mão-de-obra e software de gestão.

A Figura 6.17 representada as zonas de medição adotadas, bem como os pontos de controlo dessas mesmas zonas.



**Figura 6.17 – Zonas de medição e controlo implementadas.**

De forma a processar e modelar toda a zona de estudo, foi implementada pelos SMSBVC, juntamente com a Itron, uma plataforma de gestão que apresenta um conjunto alargado de vantagens para a monitorização e gestão do sistema de abastecimento. A plataforma W-IMS permite a realização de balanços hídricos em tempo real, o controlo e a deteção de perdas, a análise dos padrões de consumo, a emissão de alertas permitindo, inclusive, alertar os consumidores em caso de fugas, faturação com periodicidade fixa, exportação direta para *Excel* e envio de relatórios por email da informação diária do estado dos contadores, entre outras vantagens.

#### 6.4.2. Sistema de telecontagem da Amorosa

O sistema de telemetria domiciliária instalado na amorosa incorpora um sistema de comunicação unidirecional. É composto pelos componentes normais de um sistema deste congénere: uma unidade local, elementos concentradores, unidade remota e um sistema de comunicação.

##### 6.4.2.1. Unidade local

Como já foi mencionado, a unidade local do STD da Amorosa faz a emissão da informação diariamente, uma opção adotada pelos SMSBVC. Os contadores instalados são volumétricos da marca Itron e modelos Aquadis e Flostar M, estando normalizados segundo a legislação nacional e europeia. Os contadores instalados variam desde os 15mm até aos 20mm para o modelo Aquadis e a partir de 40mm inclusive foram aplicados os modelos Flostar M. A Tabela 6.5 apresenta as principais características técnicas destes contadores para os diâmetros 15 e 20 mm a título de exemplo.

Tabela 6.5 – Características dos contadores Aquadis.

Caracterização da curva de erro do contador Aquadis				
Diâmetro nominal	DN	mm	15	20
Polegadas			3/4"	3/4"
Caudal Nominal	Q3	m <sup>3</sup> /h	2,5	4
R	Q3/Q1		160	160
Caudal mínimo	Q1	l/h	15,6	25
Caudal de transição	Q2	l/h	25,6	40
Caudal máximo	Q4	m <sup>3</sup> /h	2	5

A Figura 6.18 apresenta a curva de erro dos contadores de 15 e 20 mm que foram implementados nas habitações da Amorosa.



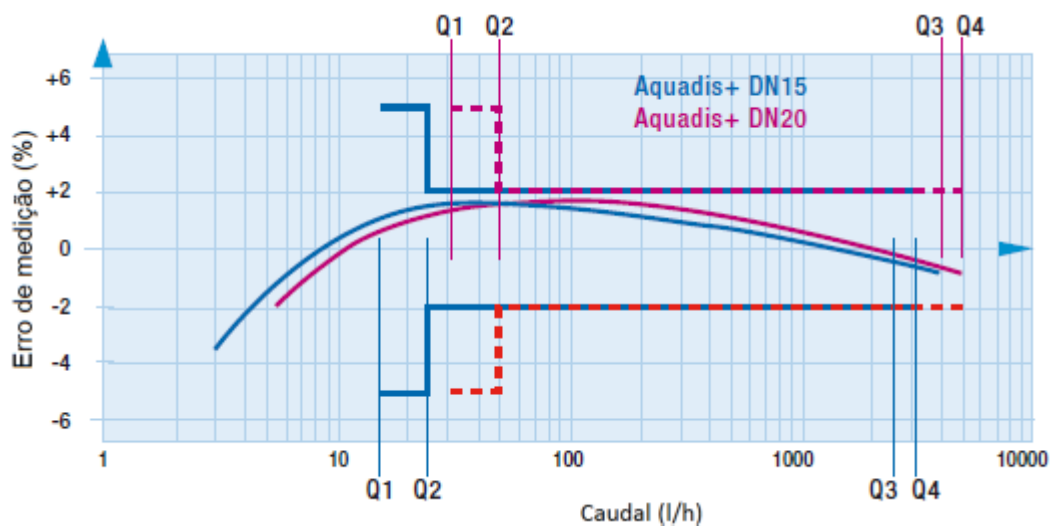


Figura 6.18 – Curva de erro dos contadores Aquadis.

A Figura 6.19 mostra um dos contadores que foram instalados na Amorosa.



Figura 6.19 – Fotografia do contador instalado.

Da unidade local ainda faz parte um emissor de sinal e o módulo de comunicação, Figura 6.20.

Este elemento é acoplado sobre o contador recebendo o sinal destes através de contato de pulso seco. O sistema de telecontagem implementado conta com emissores Itron. A frequência de emissão do sinal é de 433 MHz. Note-se que, em

campo aberto, conseguem-se atingir distâncias até 500m. A alimentação do sistema é feita por baterias com 2,1 v.



**Figura 6.20 – Fotografia do Cyble instalado no contador.**

De modo a efetuar delimitação das zonas de medição e controlo (ZMC), foram instalados na rede três contadores velocimétrico da ITRON, Modelo Flostar M que efetuam o controlo dos volumes de água entrados em cada ZMC. Estes contadores são os representados na Figura 6.17 com as cores (Amarelo, Vermelho e Verde).

Na Figura 6.21, é apresentado o contador totalizador Folstar M sendo que na Tabela 6.6 estão indicadas as suas características com certificação na MID. (Diretiva de Instrumentos de Metrologia).



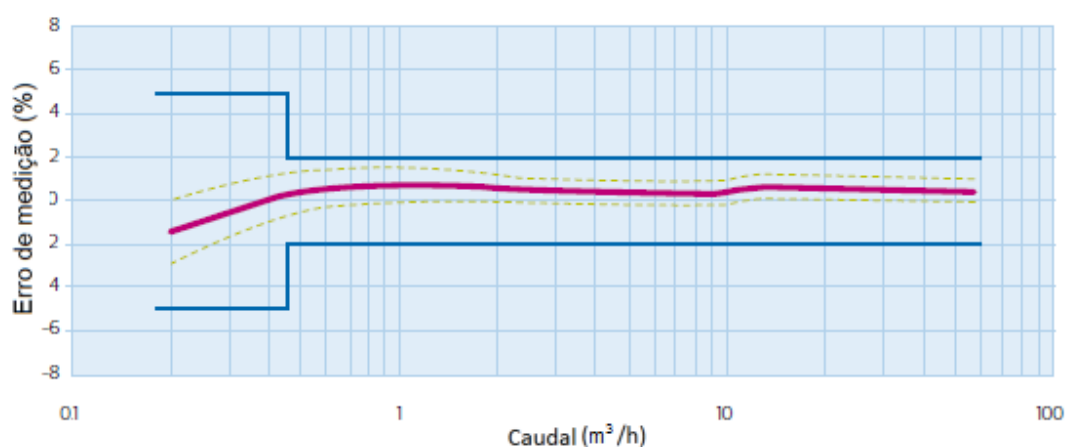
**Figura 6.21 – Contador Flostar.**



**Tabela 6.6 – Características dos contadores Flostar M.**

Caracterização da curva de erro do contador Flostar M								
Diâmetro nominal	DN	mm	40	50	65	80	100	150
Caudal Nominal	Q3	m <sup>3</sup> /h	16	25	40	63	100	160
R	Q3/Q1		160	250	315	315	315	315
Caudal mínimo	Q1	l/h	≥100	≥100	≥127	≥157,5	≥250	≥254
Caudal de transição	Q2	l/h	≥160	≥160	≥203	≥252	≥400	≥406
Caudal máximo	Q4	m <sup>3</sup> /h	20	31,3	50	78,75	125	200

Na Figura 6.22 é apresentada a curva de erro do contador totalizador Flostar M.



**Figura 6.22 – Curva de erro do contador Flostar M.**

#### 6.4.2.2. Concentradores e comunicação

A comunicação dos dados para a unidade remota pode dar-se por mais do que um contador divisionário. Através dos concentradores, a informação é recolhida dos contadores, armazenada e enviada num período definido para a unidade remota. Aquando da implementação, estes elementos foram programados para fazer uma recolha diária da informação. C m<sup>3</sup>

Os concentradores adotados são também da Itron e usam um sistema de comunicação concentrador-unidade remota por GPRS.

Para os grandes consumidores, também está instalado o sistema da Itron, que funciona como um contador normal emitindo sinais de alerta sempre que existam problemas e haja consumos fora dos padrões normais.

### **6.4.3. Recolha da informação e análise dos consumos**

A informação é recolhida através dos contadores que transmitem para os concentradores e estes, por sua vez, emitem os sinais via GPRS para a central dos SMSBVC com o intuito de os dados serem analisados e trabalhados.

O software implementado para monitorização da rede de abastecimento de água é, como referido anteriormente, a plataforma W-IMS. Esta plataforma apresenta inúmeras vantagens, nomeadamente a realização de balanços hídricos diários para cada zona de medição em tempo real, o que permite, consequentemente, a averiguação da quantidade de água faturada e não faturada na zona. Os SMSBVC verificam os dados do balanço hídrico e em função dessa análise iniciam a procura da fuga com os meios citados anteriormente.

#### **6.4.3.1. Análise de dados**

Após a instalação de todos os contadores, concentradores e mecanismos de transmissão de dados necessários para a operacionalidade do sistema que foi desenvolvido para a zona da Amorosa, foi possível efetuar a recolha de dados.

Para uma melhor perceção do trabalho desenvolvido, serão analisados os balanços hídricos das três ZMC definidas e, posteriormente, será focado mais detalhadamente o estudo na ZMC2 para apresentar conclusões mais precisas. Deste modo, pode-se perceber diariamente o que está a acontecer na rede de abastecimento para cada uma das ZMC e, consequentemente, avaliar o desempenho do sistema no seu todo.

Nas figuras que se apresentam de seguida podem-se apreciar os balanços hídricos mensais de cada zona de medição e o controlo para os meses de janeiro a março de 2013. Para além disso, é possível verificar as diferenças entre o caudal entrado no sistema, o caudal consumido e o volume de água não faturado. Só assim será possível perceber qual o volume afeto às perdas aparentes, reais e por rotura.

A fim de entender, distinguir e estimar os volumes de perdas reais, como é objetivo deste estudo, procedeu-se à análise mais aprofundada de uma zona de medição: ZMC2 entre os dias 30 de janeiro de 2013 e 31 de março de 2013 através de leituras diárias. Deste modo, foi possível expor uma informação precisa das dissimelhanças entre os volumes consumidos e os totalizados à entrada da zona.

As Figura 6.23, Figura 6.24 e Figura 6.25 representam os balanços hídricos do mês de janeiro de cada totalizador respetivamente.

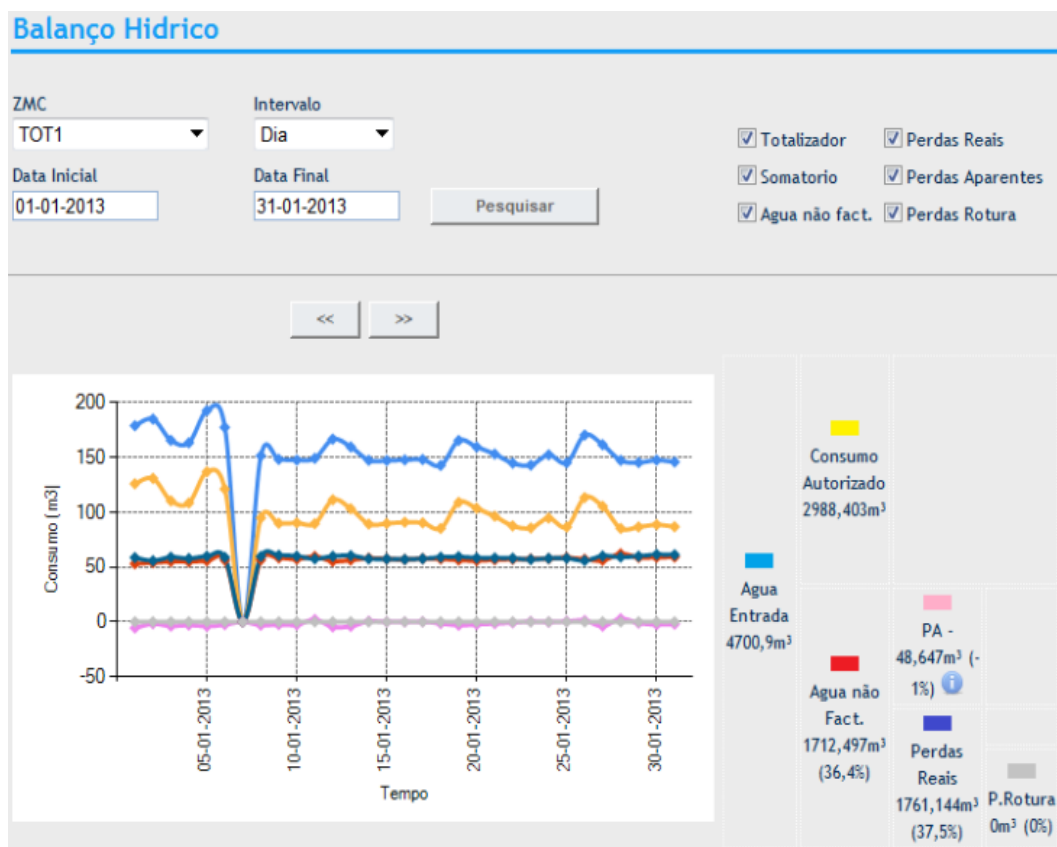


Figura 6.23 – Balanço hídrico da ZMC1 de 1 a 31 de janeiro de 2013.

Podemos verificar que, na zona de medição e controlo 1, a relação entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado mantém uma diferença relativamente constante, o que indica, também, que a percentagem de água não faturada é constante ao longo do mês, como se constata pela análise gráfica. Relativamente às perdas reais, a ZMC apresenta, também, uma elevada percentagem, 37,5%, que, neste caso, tem a mesma ordem de valores que a água não faturada. Constata-se até que a percentagem de perdas reais é superior à percentagem de água não faturada e que a percentagem de perdas aparentes é negativa, o que, naturalmente, não é possível já que a água não faturada é o somatório das perdas reais com as aparentes, logo nunca será possível esta obter valores desta grandeza. Estes valores denotam que o sistema ainda não está totalmente calibrado e necessita de ser afinado e verificado para que os resultados se enquadrem dentro dos limites possíveis.

No dia 07 de janeiro de 2013 verifica-se que houve trabalhos na rede com o corte do abastecimento de água dado que os volumes de água que entraram no sistema, consumida e de perdas, são todos nulos. Esta situação coincide com a recente implementação do sistema e com falhas na transmissão de dados.

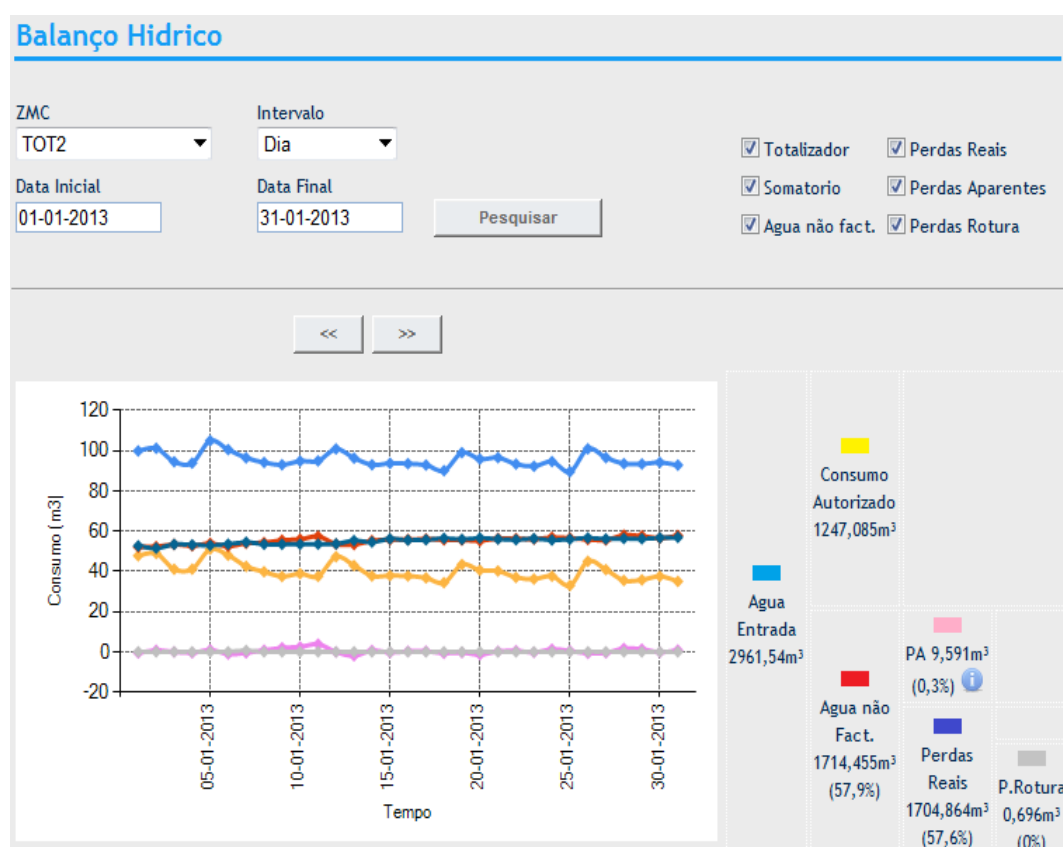


Figura 6.24 – Balanço hídrico da ZMC2 de 1 a 31 de janeiro de 2013.

Nesta zona de medição, verifica-se também uma elevada percentagem de água não faturada e de perdas reais. Esta relação é constante e os volumes são praticamente idênticos. Ao contrário da ZMC1, as percentagens atribuídas a cada parâmetro estão corretas, o que evidencia que para esta zona de medição os dados estão a ser bem interpretados. A relação entre a água entrada no sistema e consumida é constante e raramente se verifica que os volumes de água não faturados aumentam com os picos mais elevados do consumo. Pode-se constatar também através da análise gráfica, que o volume de água relativo às perdas reais tem registado um aumento no decorrer do mês assim como a água não faturada, o que naturalmente não é satisfatório. Estes resultados indicam, claramente, que nesta ZMC haverá um longo trabalho de

verificação e inspeção das redes e pontos de medição, na tentativa de encontrar e diminuir os volumes de água perdida.

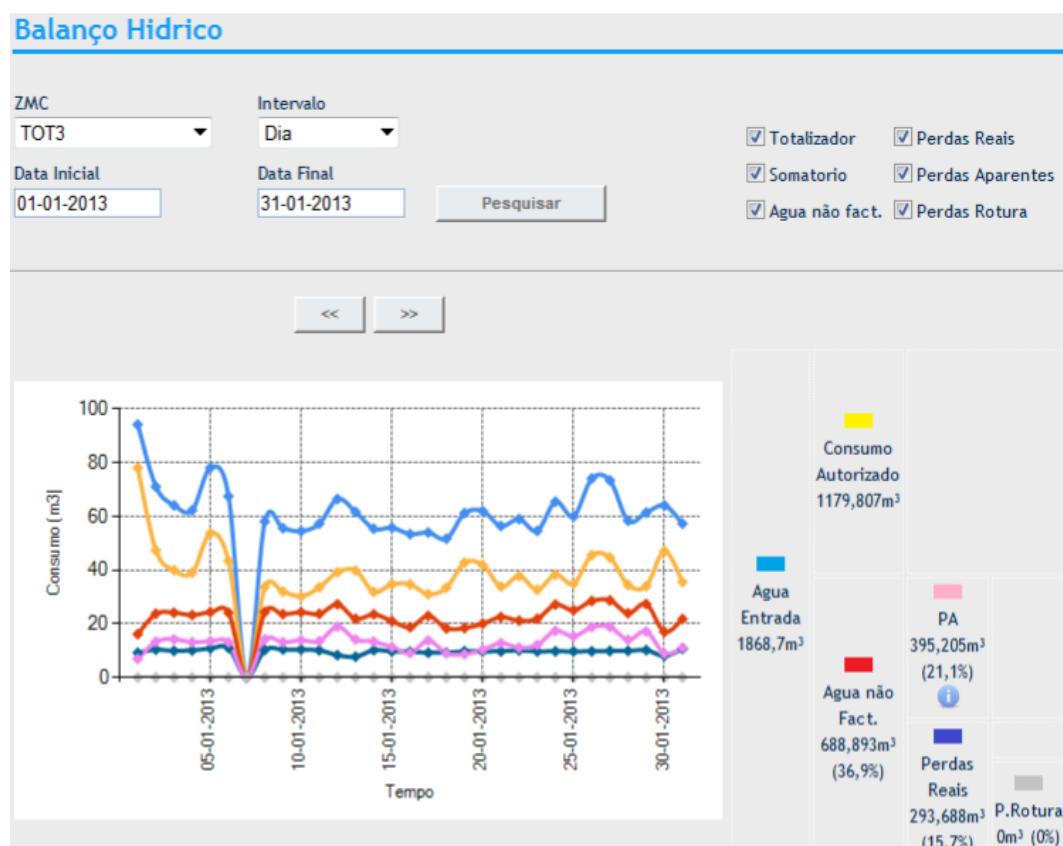


Figura 6.25 – Balanço hídrico da ZMC3 de 1 a 31 de janeiro de 2013.

O balanço hídrico desta zona de medição traduz uma percentagem de água não faturada que se situa perto dos 37%. No entanto, ao contrário das outras ZMC em estudo, pode-se constatar que a flutuação de volumes não faturados, por um lado, tem influência direta das perdas aparentes e que a relação entre estas e a água não faturada é constante. No dia 12 de janeiro de 2013 os volumes de perdas aparentes e água não faturada aumentam acompanhando a tendência do consumo, verificando-se a mesma situação também no dia 26 e 27 do mesmo mês. Curiosamente, no dia 17 de janeiro de 2013 ocorre o oposto. O consumo autorizado é mais baixo, mas os volumes de água não faturada e perdas aparentes aumenta. As perdas aparentes são baixas relativamente às outras zonas de medição e controlo e podem-se encaixar dentro das percentagens aceitáveis para o parâmetro em causa. Tal como na ZMC1,

no dia 07 de janeiro de 2013 procederam-se a inspeções na rede com o fecho das válvulas e constata-se que as perdas são nulas.

A análise aos gráficos dos balanços hídricos referentes ao mês de janeiro permite constatar que o volume de perdas varia significativamente de uma zona de medição para a outra. Enquanto na zona ZMC1 e ZMC3 os volumes de água não faturada apresentam valores na ordem dos 36,5%, na ZMC2 os valores são claramente superiores chegando mesmo a atingir os 57,9 %, Relativamente às perdas reais, os valores são próximos da percentagem de água não faturada, sendo que a ZMC2 apresenta volumes muito elevados de água perdida, 57,6%. No entanto, na ZMC1 e ZMC3 a ordem de grandeza é menor, situando-se nos 37,5% e 15,7% respetivamente, o que, claramente, traduz problemas nesta zona de estudo.

Com esta pequena amostragem, percebe-se, desde logo, que a introdução destes sistemas de medição e monitorização vem facilitar, em grande escala, o trabalho diário dos técnicos dos SMSBVC. A possibilidade de, diariamente, definir balanços hídricos, analisar dados e caso seja necessário encurtar o tempo de procura/intervenção na rede por si só já se revela um enorme ganho. Permite entre muitas outras situações, perceber e restringir o espaço físico de ação na procura das perdas de água tendo em conta sempre a otimização do sistema e a sua sustentabilidade.

Em seguida, efetua-se a análise aos balanços hídricos dos três totalizadores referentes ao mês de fevereiro, Figura 6.26, Figura 6.27 e Figura 6.28, tendo também em conta o histórico existente do mês anterior.



Figura 6.26 – Balanço hídrico da ZMC1 de 1 a 28 de fevereiro de 2013.

O balanço hídrico do mês de fevereiro da ZMC1 traduz algumas alterações significativas relativamente ao mês anterior. Apesar de se verificar percentagens de água não faturada de 34,4%, valores um pouco abaixo dos obtidos em janeiro, continuam a existir discrepâncias entre as percentagens de perdas aparentes e reais, na medida em que as perdas aparentes têm percentagens negativas e as reais percentagens superiores à água não faturada. Esta situação evidencia que a gestão informática dos dados recolhidos não está de todo correta. Existem situações a afinar e a averiguar de modo a que os balanços hídricos representem, com o máximo de rigor e objetividade, a realidade da rede de distribuição e os seus verdadeiros problemas. Através da análise gráfica, percebe-se que a água não faturada apresenta valores constantes durante o presente mês em estudo, havendo pequenas variações. No entanto, a partir do dia 27 de fevereiro de 2012, os volumes de água não faturada e de perdas reais descem para valores quase nulos, acompanhados pelo decréscimo de água fornecida e de um valor constante de água consumida, o que denota que o sistema foi afinado.

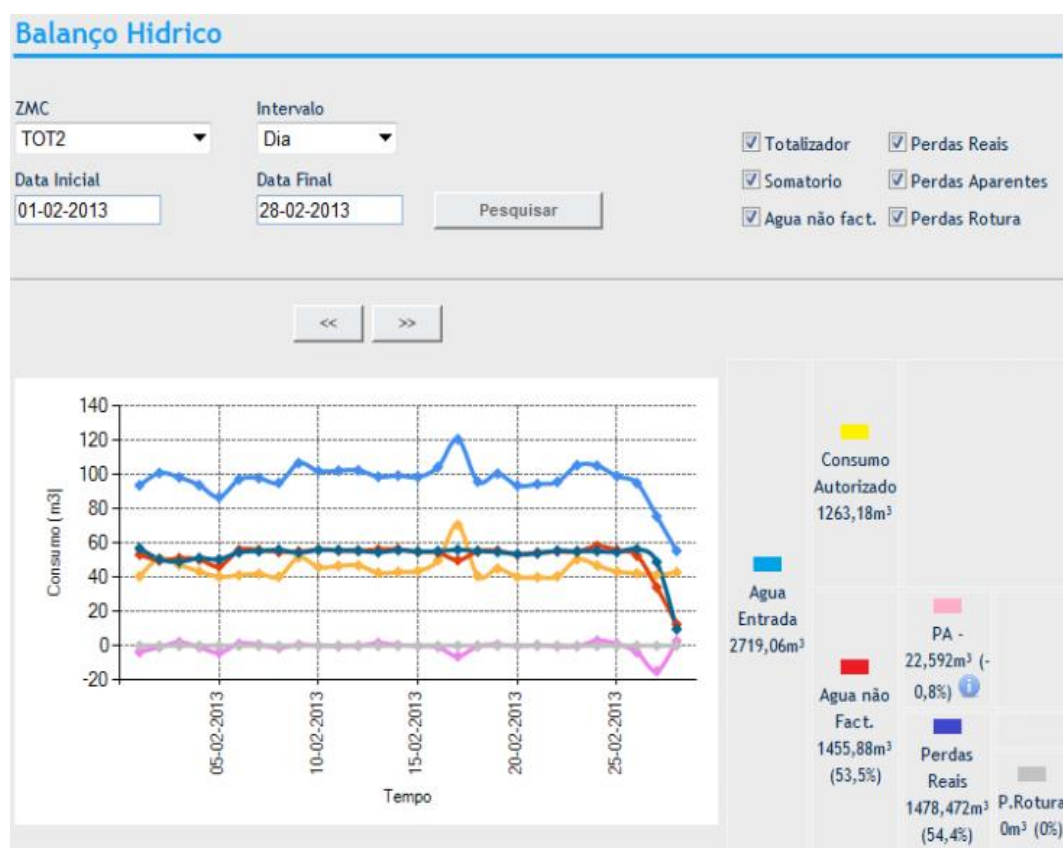


Figura 6.27 – Balanço hídrico da ZMC2 de 1 a 28 de fevereiro de 2013.

A ZMC2 apresenta percentagens de água não faturada bastante altas, influenciadas pelos valores também elevados de perdas reais. No entanto, estes volumes são constantes ao longo do mês, com a exceção do dia 27 de fevereiro de 2013, em que se verifica, tal como na ZMC1, um decréscimo do valor da água não faturada e das perdas reais para valores próximos de zero. Esta situação é acompanhada por volumes de água fornecida relativamente baixos e consumos praticamente iguais aos volumes fornecidos à rede. Adiante será explicado, em pormenor, esta situação na análise mais detalhada à ZMC2.



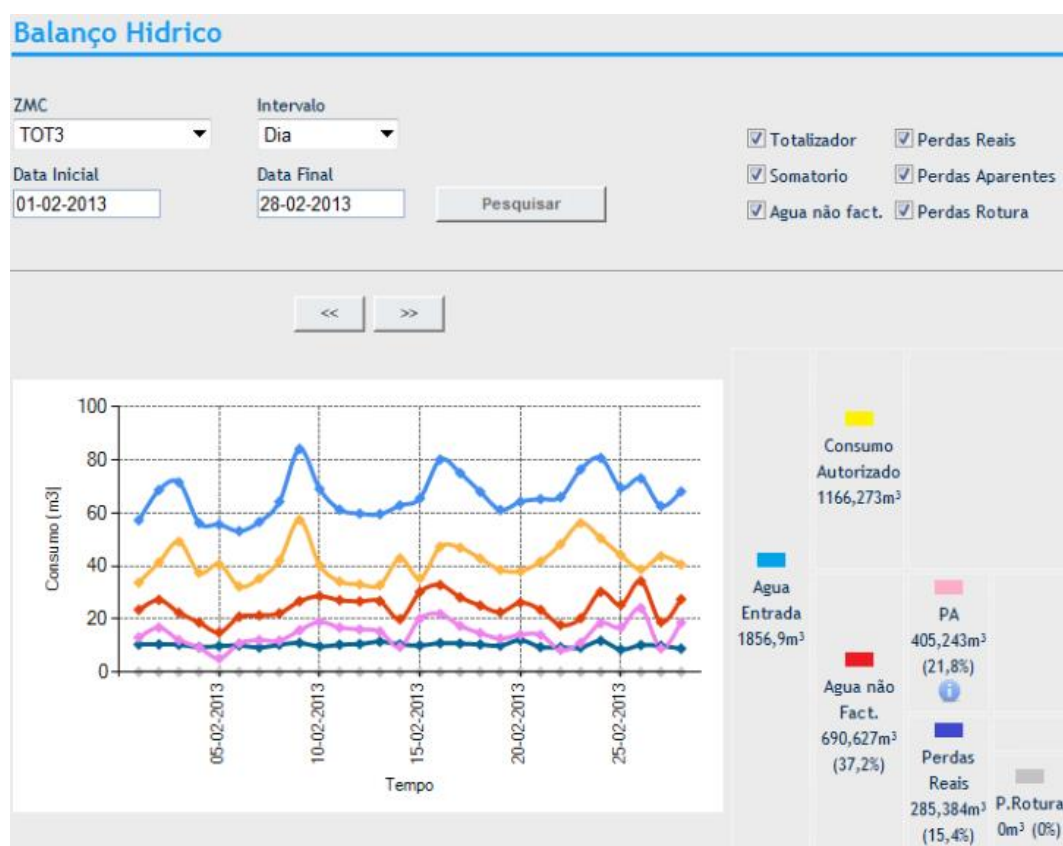


Figura 6.28 – Balço hídrico da ZMC3 de 1 a 28 de fevereiro de 2013.

Tal como no mês de janeiro, o balanço hídrico desta zona de medição traduz uma percentagem de água não faturada que se situa perto dos 37%, sendo os valores influenciados pelas perdas aparentes. A relação entre as perdas aparentes e a água não faturada é constante, sendo que as perdas reais situam-se próximos dos 10 m³/dia. Este volume traduz uma percentagem relativamente baixa, quando comparada com as perdas das outras ZMC, mas que pode ser reduzida a curto, médio prazo, motivada pela melhoria contínua que os SMSBVC procuram. No dia 26 de fevereiro de 2013, os volumes de perdas aparentes e água não faturada aumentam, acompanhados também pelo aumento de água entrada no sistema e pelo decréscimo no consumo. O oposto já de sucede no dia 27 do mês em questão, pois existe uma redução significativa dos volumes de água não faturada, acompanhados por pequeno aumento de água consumida e pela diminuição de água fornecida.

No mês de fevereiro, o panorama das três ZMC não se alterou muito relativamente ao mês passado. Numa primeira fase, os dados de janeiro foram analisados pelos técnicos de SMSBVC e dessa análise resultaram operações direcionadas para a redução dos volumes de água não faturada. A ZMC1 manteve aproximadamente a

percentagem de água não faturada, a ZMC2 apresenta uma percentagem de perdas reais bastante elevada. No entanto, nesta zona em concreto, foram desenvolvidos vários trabalhos tendo em vista a redução desse volume, como será explicado um pouco mais à frente. A ZMC3 também apresenta as mesmas percentagens de perdas do mês anterior.

Seguidamente, faz-se a análise dos balanços hídricos no período do mês de março, Figura 6.29, Figura 6.30 e Figura 6.31.

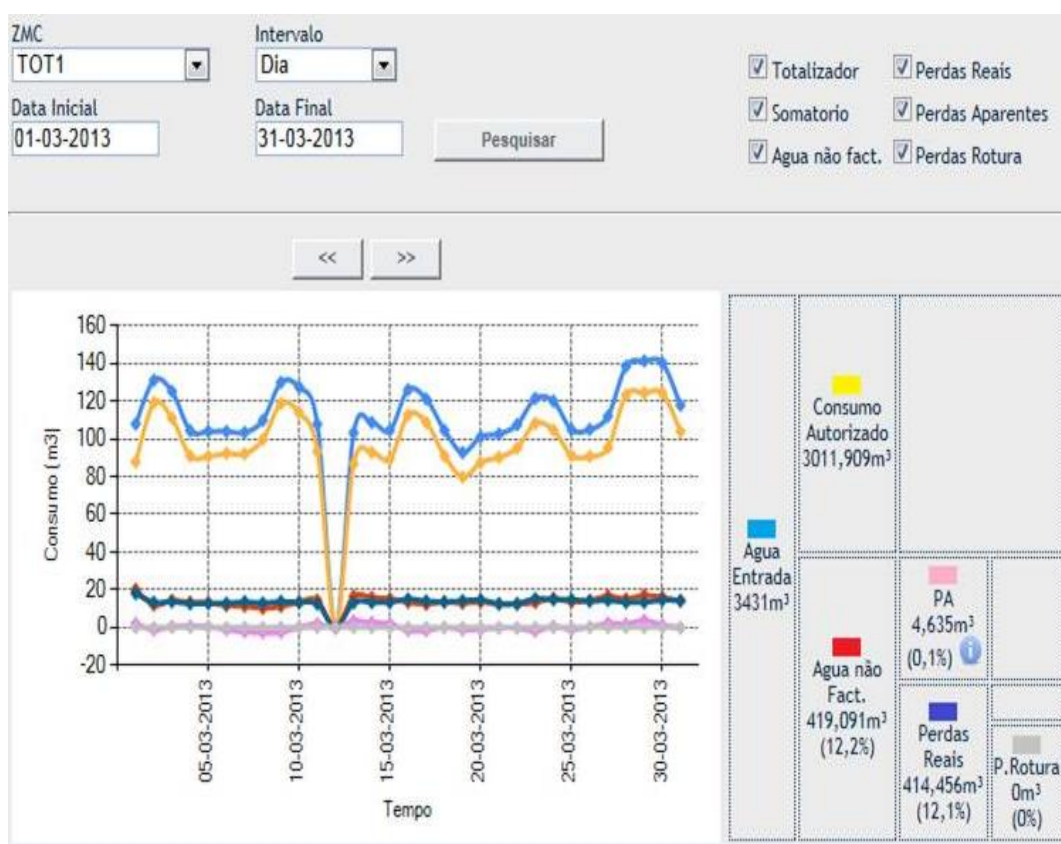


Figura 6.29 – Balanço hídrico da ZMC1 de 1 a 31 de março de 2013.

O balanço hídrico do mês de março traduz uma enorme redução na percentagem de água não faturada., 25 %, sendo que a contribuição está totalmente relacionada com as perdas reais. Esta redução está relacionada com o trabalho realizado pelos SMSBVC na calibração de todo o sistema e na verificação correta de todas as componentes que contribuem para o cálculo do balanço hídrico. Pode-se verificar que no dia 12 de março de 2013 foram realizados trabalhos na rede tendo em vista o estudo dos possíveis pontos de fuga, contudo, não foi detetada qualquer fuga e

após a abertura da válvula as percentagens de água não faturada permanecem sensivelmente nos mesmos valores. No entanto, é de referir que estes valores são ótimos, considerando os valores recomendados internacionalmente e a partir dos quais a redução dos volumes de água não faturada e de perdas reais acarretam elevados custos e meios técnicos que poderão não ser justificáveis nesta fase.

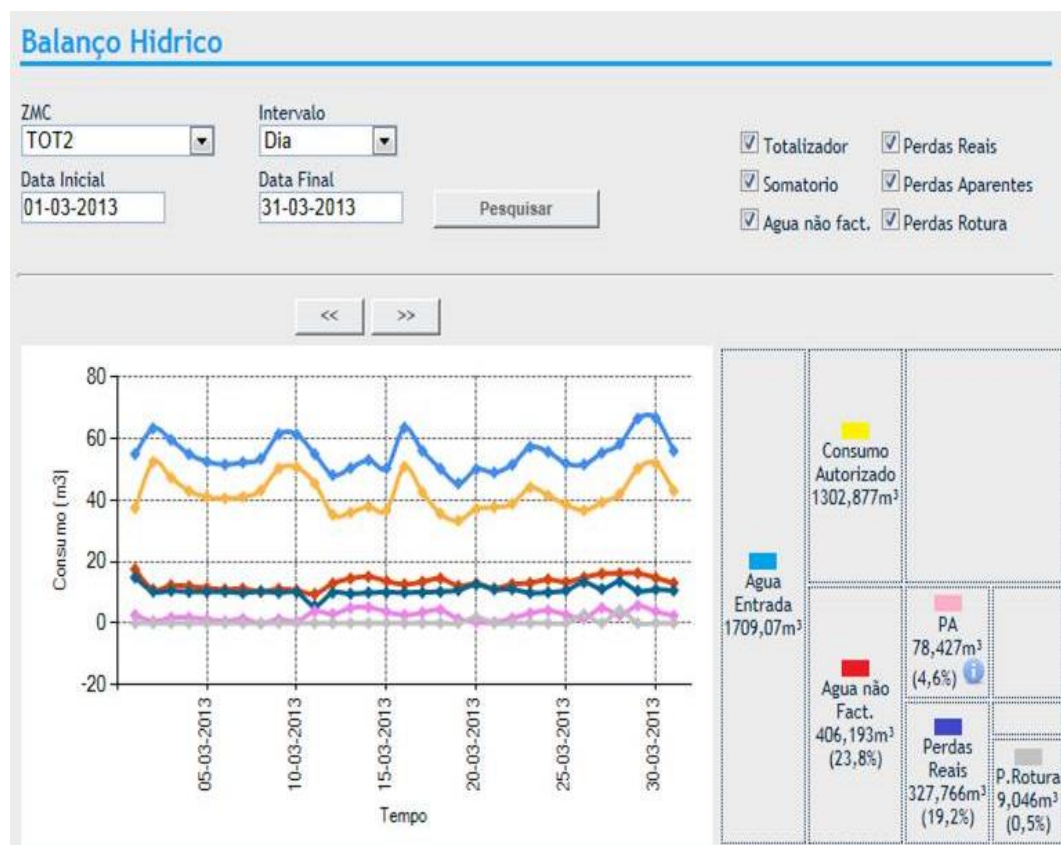


Figura 6.30 – Balanço hídrico da ZMC2 de 1 a 31 de março de 2013.

Na zona de medição, verifica-se uma grande evolução nos volumes de água não faturados reduzidos e também das perdas reais. Verifica-se uma diminuição próxima dos 30% nos valores de água não faturada e de 35% aproximadamente nas perdas reais. Estes valores serão melhor explicados na análise feita à ZMC2.

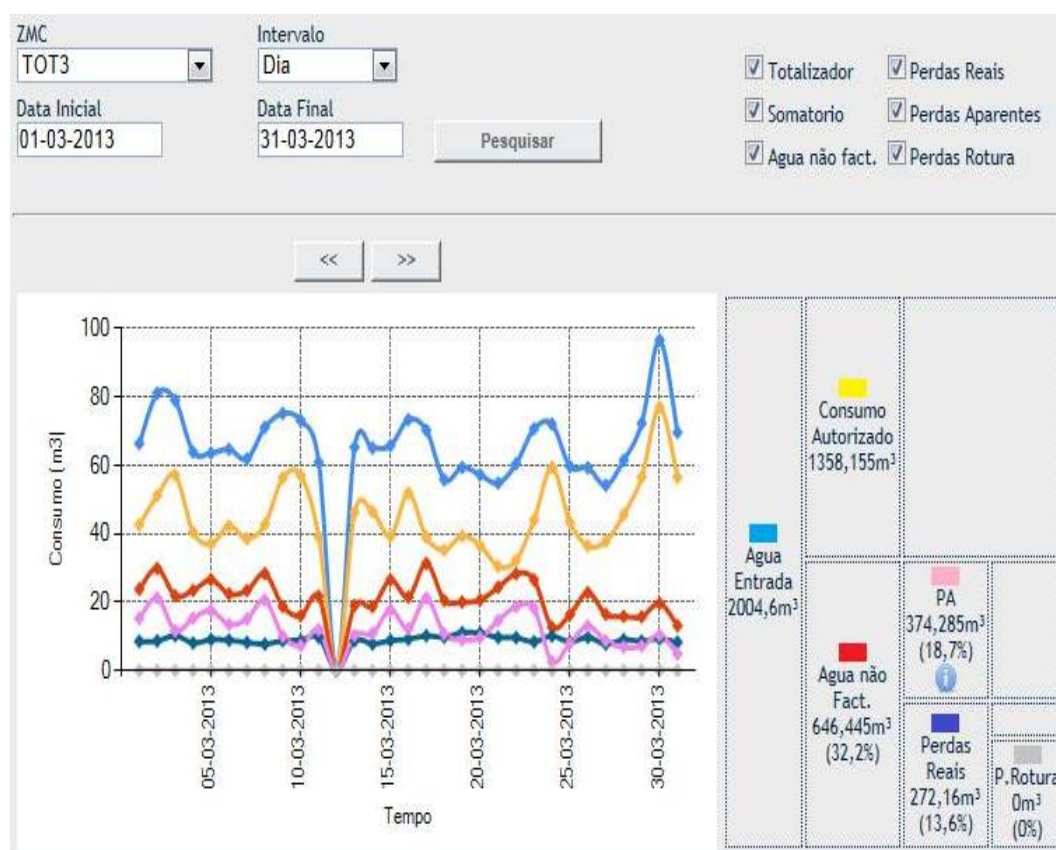


Figura 6.31 – Balanço hídrico da ZMC3 de 1 a 31 de março de 2013.

Nesta zona de medição, verifica-se um decréscimo ligeiro nas percentagens de água não faturada, perdas reais e aparentes que resultam sobretudo do trabalho realizado no que diz respeito à afinação dos dados e dos parâmetros que intervêm para o cálculo do balanço hídrico.

No que diz respeito à análise global do sistema de abastecimento da Amorosa, constata-se que, no mês de março, houve uma evolução bastante positiva na poupança de água perdida e não faturada. Destaca-se, claro, a excelente redução verificada na ZMC1, uma vez que diminuiu, aproximadamente, de 37% para 12%, tanto no que diz respeito à água não faturada como as perdas reais. A ZMC2 foi também uma zona prioritária e extremamente importante de combate aos volumes de água não faturada, perdas reais e, face aos esforços mantidos na deteção das fugas durante o mês de fevereiro e março, verifica-se uma redução das percentagens de perdas reais de 57,6% para 19,2%. A ZMC3 apresenta resultados com menores variações e as discrepâncias não são tão acentuadas, o que indica que ainda pode ser recuperada uma percentagem significativa dos volumes de água não faturada.

Estas reduções evidenciam que os sistemas de monitorização das redes são altamente eficazes, na medida em que permitem uma análise real das situações e assim alcançar o objetivo de redução de perdas. Para além disso, permitem às EG direcionar esforços num curto espaço de tempo para combater as perdas de água.

No que se refere à ZMC2, como foi referido anteriormente foi referido, o estudo foi mais aprofundado de modo a salientar a importância que os sistemas de monitorização das redes de abastecimento têm no contexto da redução das perdas reais de água e na análise dos resultados obtidos.

### **Caso Particular da Zona de Medição 2**

A ZMC2, como foi salientado anteriormente, apresenta valores de água não faturada e de perdas reais bastante elevados verificados pela análise do balanço hídrico e dos valores globais medidos diariamente. Da análise mensal do balanço hídrico da ZMC2, referente ao mês de janeiro, verificou-se que o volume de água não faturada é de 57,9% e as perdas reais representam 57,6% da percentagem de água não faturada. A par da análise mensal ao balanço hídrico, também foram analisados os balanços hídricos diários da referida zona de estudo, onde se percebe claramente que, diariamente, esta situação também se mantém.

Através da análise diária à ZMC2, constata-se que, diariamente, estão a ser lidos 316 de 323 contadores, o que representa uma amostragem de 97,8 %. De referir que o facto de ainda não estarem a ser lidos todos os contadores instalados também pode influenciar os resultados finais. Para além disso, estão a ser desperdiçados em média 44m<sup>3</sup> por dia de água, se considerarmos como ótimo que no máximo o sistema possa estar a desperdiçar 15% do volume de água entrada no sistema, o que equivale a um desperdício diário de 43€ e 1300€ mensais para esta pequena zona de medição. Numa perspetiva anual, a poupança efetuada com uma percentagem de água não faturada de 15 % está aproximadamente situada nos 15.500€.

A Figura 6.32 reflete o balanço hídrico diário do dia 30 de janeiro de 2013 onde se constata os elevados volumes de água não faturados, como aliás o balanço mensal indicava.



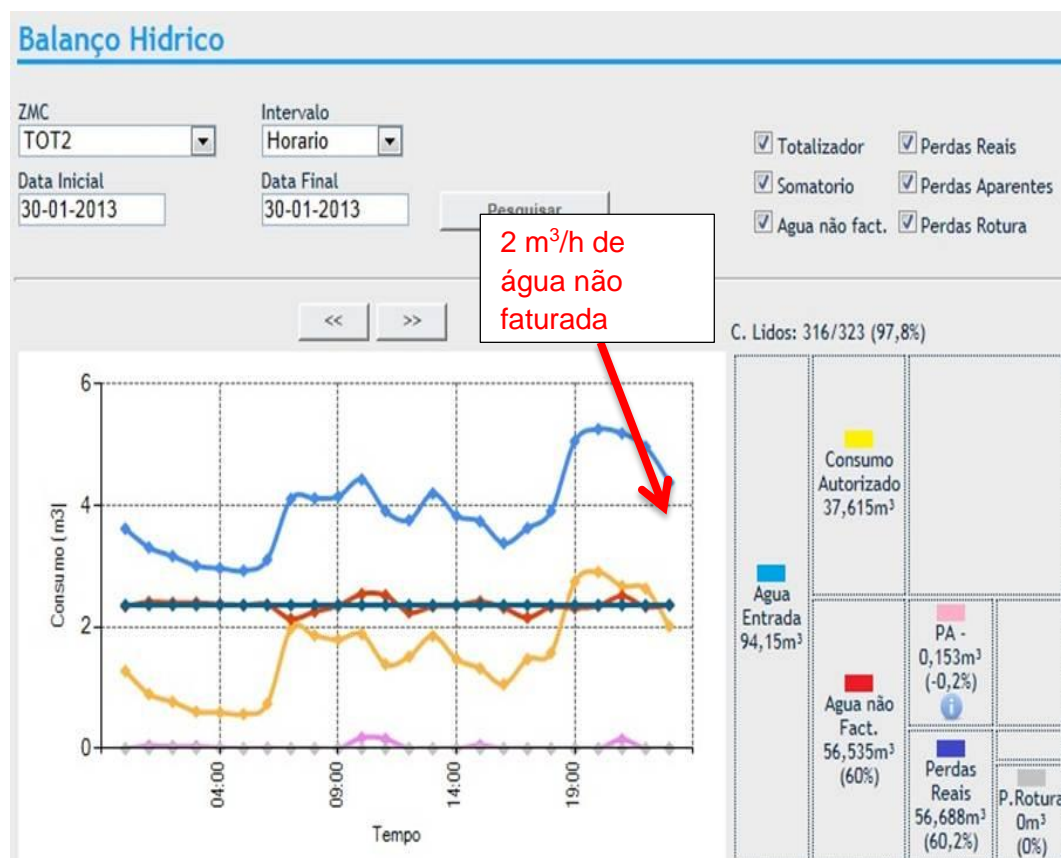


Figura 6.32 – Balanço hídrico da ZMC2 de 30 de janeiro de 2013.

Pode-se verificar que neste dia existe uma variação constante entre o volume de água entrado no sistema e a água consumida, traduzindo também uma perda real constante de 2m³/h. Este cenário permitiu aos SMSBVC perceber que algo tinha de ser feito para tentar reduzir este volume de água. Deste modo, foram desenvolvidos trabalhos de inspeção à rede da ZMC2, com equipamento específico para deteção de fugas como os geofones e loggers, e também foram delimitadas pequenas zonas de trabalho/estudo para permitir uma análise mais minuciosa e limitar a margem de erro relativamente à possível localização do problema.

Através do balanço hídrico do dia 05 de fevereiro de 2013, Figura 6.33, pode-se constatar que foram realizados trabalhos de deteção de fugas na rede de distribuição.

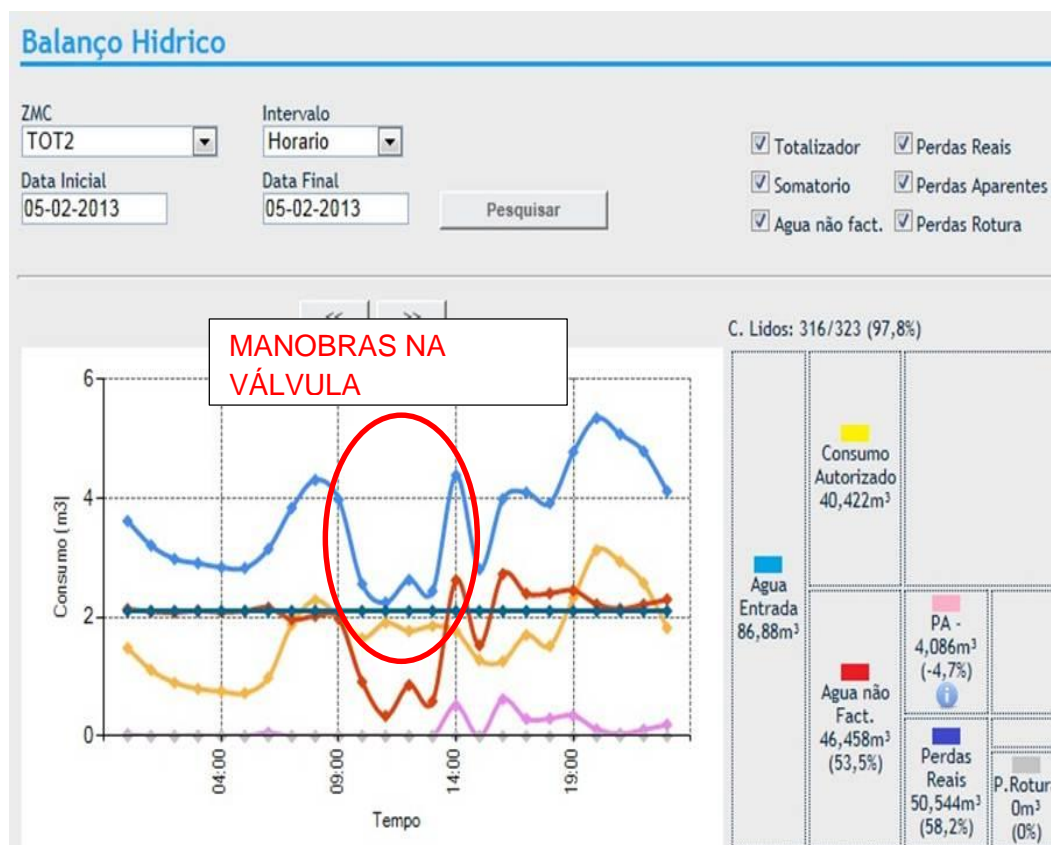


Figura 6.33 – Balço hídrico da ZMC2 de 5 de fevereiro de 2013.

Tal como no dia 30 de janeiro de 2013, verifica-se que durante os períodos noturnos, períodos de menor consumo ou de consumo paticamente nulo, evidencia-se uma perda real constante dos mesmos  $2\text{ m}^3/\text{h}$ . Entre as 9 horas e as 14 horas houve manobras nas válvulas de corte no sentido de se perceber onde poderia estar a ocorrer a fuga. Através deste trabalho, averiguou-se que o volume de água entrado no sistema naturalmente baixa, a água consumida apresenta valores muito próximos da água entrada no sistema e a perda real mantém o seu valor constante. Este fato evidencia que existe um problema concreto o que confirma claramente a ocorrência de perdas reais na rede, que no caso concreto são de aproximadamente  $2\text{ m}^3/\text{hora}$ .

Estando a ação de confirmação do problema efetuada, foi desencadeado um conjunto alargado de trabalhos na busca mais ativa da fuga onde foram inspecionados e testadas condutas. Foram-se criando pequenas zonas de medição e controlo dentro da própria zona ZMC2, uma vez que no caso das habitações multifamiliares existe a possibilidade de estabelecer ZMC entre o contador totalizador e os contadores individuais de cada fração.

Após a realização do trabalho de inspeção da rede e procura da fuga, foi encontrada a mesma através da análise aos balanços hídricos estabelecidos entre os contadores totalizadores das habitações multifamiliares e das respetivas frações autónomas.

A fuga encontrava-se num ramal de ligação, coluna montante de um prédio e não é possível especificar há quanto tempo estaria a ocorrer nem quanto tempo mais poderia estar a fuga a ocorrer se não fossem implementados estes sistemas de monitorização sofisticados na rede.

Tendo encontrado o local da perda, os SMSBVC procederam à sua reparação no dia 27-de fevereiro de 2013 como se pode constatar pela Figura 6.34.

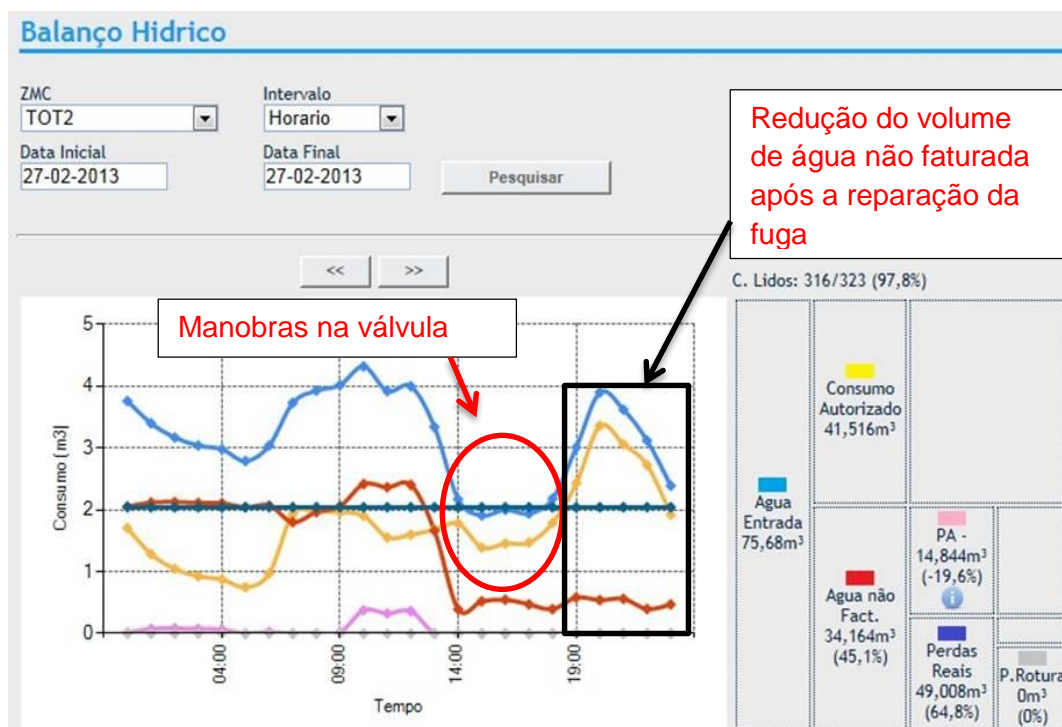


Figura 6.34 – Balanço hídrico da ZMC2 de 27 de fevereiro de 2013.

A análise ao balanço hídrico deste dia permite constatar importantes factos. Desde as 0 horas até às 14h, aproximadamente, verifica-se um desvio constante entre o volume de água entrada no sistema e a água consumida, traduzindo um volume de água não faturada de perdas reais também praticamente constante. Perto das 14h,



realizaram-se trabalhos de reparação da fuga. Após o restabelecimento do fornecimento de água à rede verifica-se um decréscimo acentuado do volume de água não faturada, constatado pela diminuição drástica entre os volumes de água entrados no sistema e a água consumida. O decréscimo indica que, de fato, aquela fuga era uma das responsáveis por se estar a desperdiçar esta quantidade de água. Como se constata na Figura 6.35.

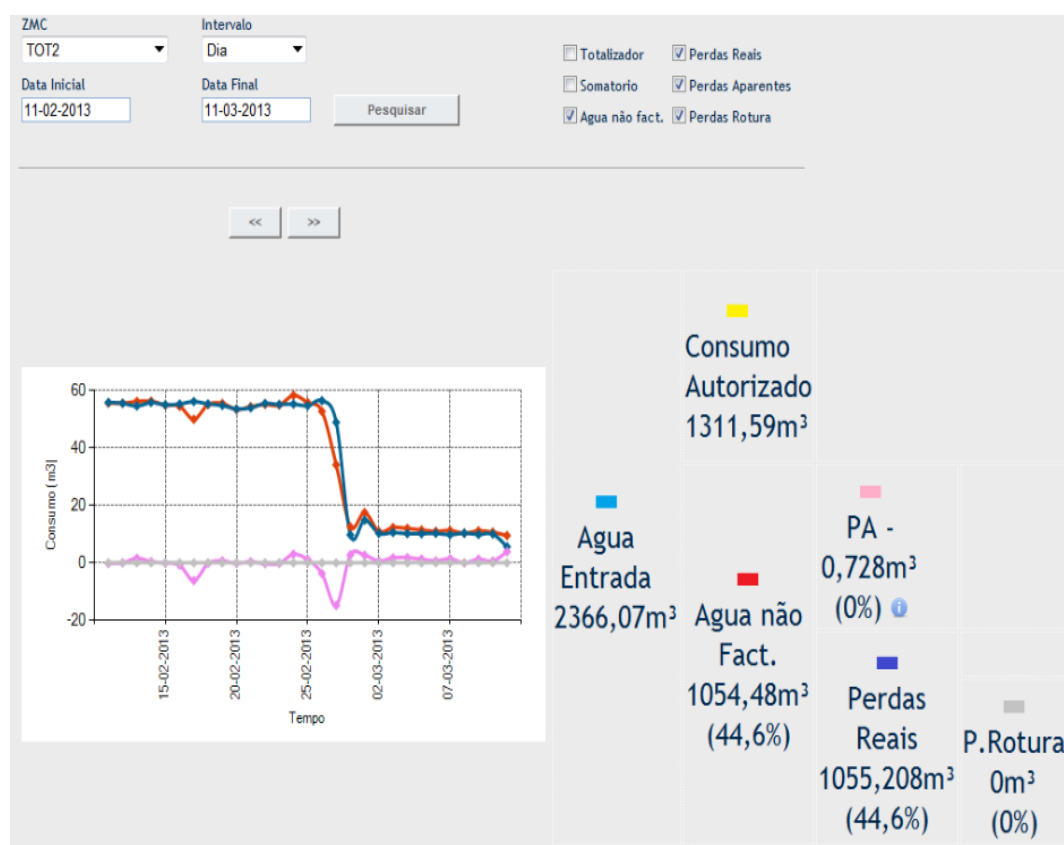


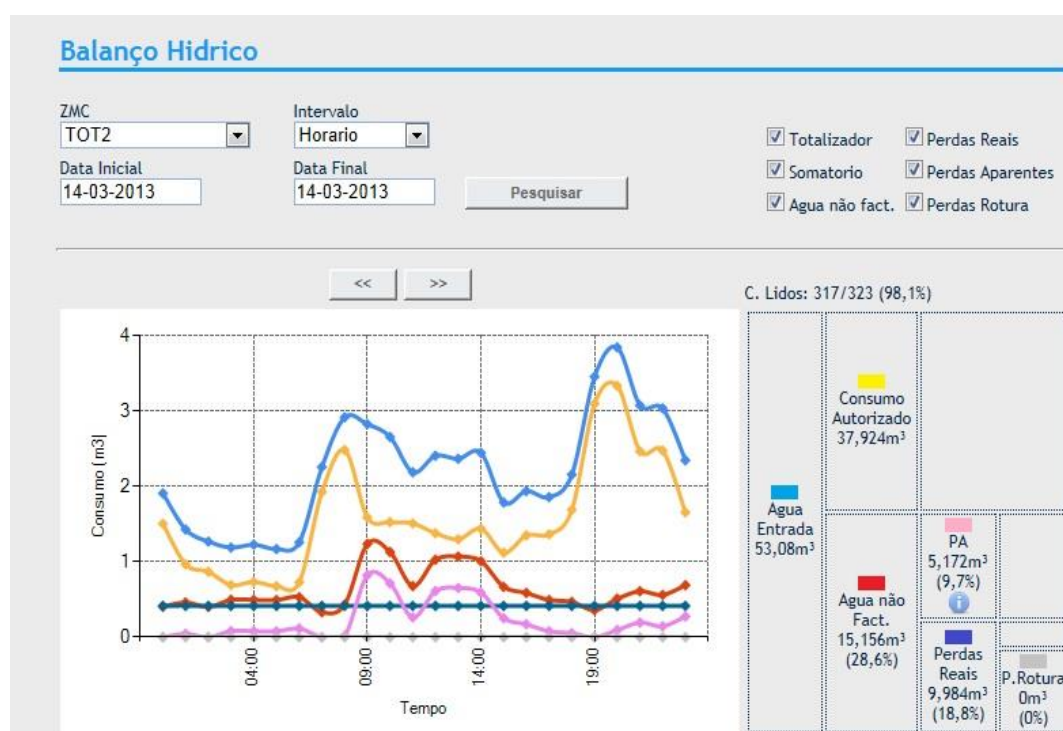
Figura 6.35 – Balanço hídrico da ZMC2 de 11 de fevereiro a 11 de março de 2013.

Esta fuga, apesar de estar presente na coluna montante de um prédio de habitação multifamiliar, nunca foi detetada anteriormente pelos SMSBVC nem alertada pelos moradores. Os residentes daquele prédio não se apercebiam de qualquer fuga ou problema da rede dado que a conduta estava oculta, logo não era perceptível qualquer anomalia. Também os moradores do prédio não sentiram falta de água ou sequer falta de pressão na rede e a água que se perdia pela fuga não surgia á superfície uma vez que acabava por se infiltrar no solo.

Esta redução aproximadamente de 2m<sup>3</sup>/hora do volume de água perdida contribuiu para uma poupança mensal que ronda os 1440m<sup>3</sup> de água e cerca de 1.500€, o que é bastante significativo.

Se pensarmos que esta fuga poderia estar presente há um ano ou se manteria por mais um ano a poupança é de 18.000€, o que para a dimensão da zona de medição é extremamente relevante.

A partir da reparação da fuga os volumes de água perdida têm sido baixos e a tendência é para diminuírem ao longo do tempo como se constata pelas Figura 6.36 e Figura 6.37.



**Figura 6.36 – Balanço hídrico da ZMC2 de 14 de março de 2013.**

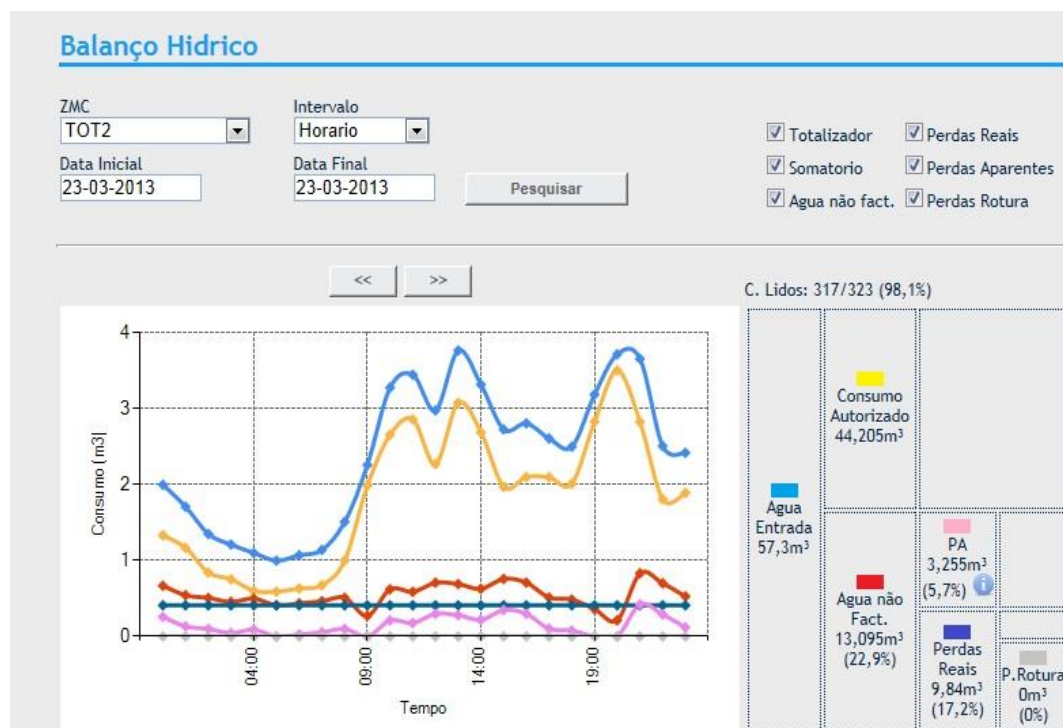


Figura 6.37 – Balanço hídrico da ZMC2 de 23 de março de 2013.

Através da análise aos balanços hídricos dos dias 14 e 23 de março, verifica-se que, a percentagem de água perdida é reduzida comparativamente com o inicial. A tendência é a sua redução face ao trabalho contínuo desenvolvido na redução dos volumes de água perdida.

No período temporal que foi estipulado para desenvolver o caso de estudo do sistema de abastecimento da Amorosa, não foi possível detetar nenhuma situação de perda nas redes adutoras de abastecimento ou nos próprios ramais de ligação, à exceção do caso verificado na ZMC2. Este facto, por um lado, é muito positivo, pois realça que a rede de abastecimento está em boas condições e isso também está patente nos resultados verificados durante o mês de março. Mas, por outro lado, não permitiu dar resposta a um dos temas da dissertação que era a reparação das fugas e quais as melhores técnicas a utilizar para proceder a essa mesma reparação.

#### 6.4.4. Análise e discussão dos resultados

Após a obtenção dos resultados expostos, constata-se que a aquisição de softwares de monitorização para as redes de abastecimento de água são extremamente importantes, dado que permitem às EG ter uma perceção, em tempo real, dos problemas ocorridos nas suas redes e ajustar recursos e meios de forma a resolvê-los no mais curto espaço de tempo possível.

Verifica-se que desde a implementação do sistema de telemetria e de gestão da rede de abastecimento de água, através da parceria realizada com a ITRON e com o LNEC, os SMSBVC reduziram o volume de água não faturada e de perdas reais na zona da Amorosa de uma forma significativa. A evolução está presente na globalidade do subsistema da Amorosa. No entanto, também se constata que existem variações diferentes consoante a ZMC. Através da Figura 6.38 e Figura 6.39 pode-se constatar a evolução conseguida por cada zona de medição relativamente às percentagens de água não faturada e de perdas reais.

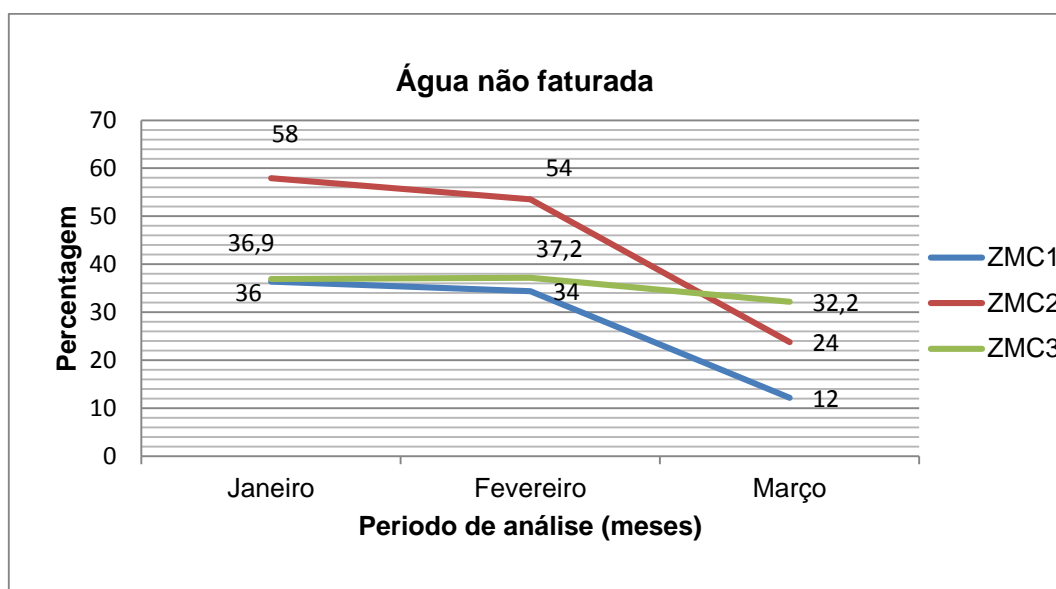
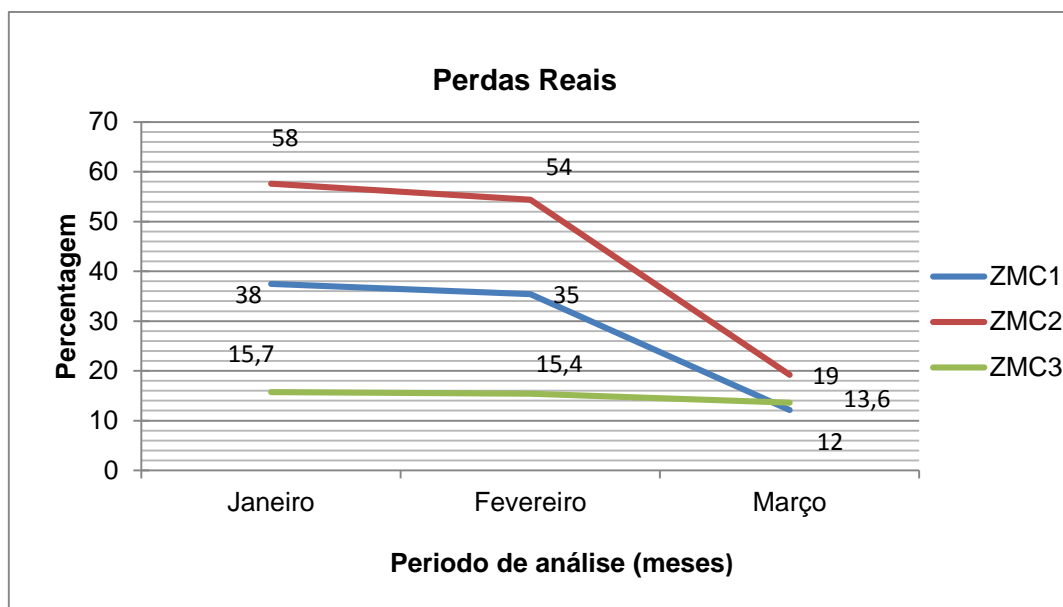


Figura 6.38 – Água não faturada do sistema de abastecimento de janeiro a março.



**Figura 6.39 – Perdas reais do sistema de abastecimento de janeiro a março.**

No que diz respeito à água não faturada, constata-se que para ZMC1 e ZMC2 houve uma recuperação bastante satisfatória e a percentagem verificada no mês de março encaixa-se dentro dos objetivos definidos pelos SMSBVC para este ano. Relativamente às perdas reais, existe, também, uma redução bastante importante dos volumes inicialmente verificados destacando-se a ZMC1 e ZMC2, tal como na água não faturada,

Relativamente ao sistema na sua globalidade verificam-se também importantes ganhos naturalmente traduzidos pelas recuperações conseguidas em cada uma das ZMC. Deste modo a Tabela 6.7. apresenta os dados relativos ao sistema de abastecimento da Amorosa deste 1 de janeiro a 31 de março de 2013.

**Tabela 6.7 – Evolução do sistema de abastecimento da Amorosa.**

Sistema de abastecimento (ZMC1, ZMC2, ZMC3)					
	Água entrada no sistema (m <sup>3</sup> )	Água não faturada (m <sup>3</sup> )	Perdas reais (m <sup>3</sup> )	Água não faturada (%)	Perdas reais (%)
Janeiro	9531	4116	3760	43,18	39,45
Fevereiro	8956	3651	3338	40,77	37,27
Março	7145	1472	1059	20,60	14,20

Tendo em consideração os resultados obtidos, de uma forma geral, pode-se verificar que, no âmbito do sistema de abastecimento da Amorosa, existe uma recuperação da percentagem de água não faturada e das perdas reais bastante satisfatória, dado

que a percentagem de água não faturada em janeiro se situava em 43,18% e em março passou a ser de 20,6%. Sendo assim, pode-se considerar que existe aqui um ganho superior a 50%. No que diz respeito às perdas reais, também se constata que a percentagem de água perdida diminui cerca de 25,3 %, passando de 39,45% em janeiro para 14,20 % em março. A tendência será a descida das percentagens ANF e das perdas reais para valores inferiores aos verificados no mês de março dado que a monitorização, a perceção e o trabalho realizado será mais aprofundado levando a que estes valores tenham tendência a baixar.

A redução da água não faturada representa aproximadamente 2645 m<sup>3</sup>, o que se traduz em 2754,29 € de benefícios para os SMSBVC, neste período de três meses só nesta zona de monitorização. As perdas reais também apresentam uma redução de 2.700m<sup>3</sup> que está correlacionada com a poupança verificada para a água não faturada.

No que diz respeito á ZMC2, em particular, realça-se que as percentagens de água não faturada e de perdas reais eram bastantes elevadas no início do estudo, mas com a adoção das políticas de monitorização e do trabalho realizado naquela zona da rede permitiu baixar largamente as percentagem de ANF e de perdas reais, Tabela 6.8.

**Tabela 6.8 – Evolução do sistema de abastecimento da Amorosa para a ZMC2.**

Sistema de abastecimento (ZMC2)					
	Água entrada no sistema (m <sup>3</sup> )	Água não faturada (m <sup>3</sup> )	Perdas reais (m <sup>3</sup> )	Água não faturada (%)	Perdas reais (%)
Janeiro	2962	1714	1705	57,9	57,6
Fevereiro	2719	1456	1478	53,5	54,4
Março	1709	406	328	23,7	19,2

Verifica-se que nesta ZMC houve uma redução de água não faturada de 34,2% e em termos de perdas reais de foi de 38,4%, o que representa uma poupança de 1377 m<sup>3</sup> de água e um volume de faturação de 1.435€, aproximadamente.

Se olharmos para a redução do volume de água perdida neste trimestre, após o estudo realizado, verifica-se uma evolução extremamente positiva com valores muito significativos, quer em termos de volume quer em termos económicos. Se este trabalho for replicado a toda a rede de distribuição, desde que o investimento seja

possível e justificável, os volumes de água não faturada e de perdas reais podem ser drasticamente reduzidos, obtendo-se enormes proveitos a nível ambiental, social e económico.

## **7. CONCLUSÕES**

A crescente necessidade de ter sistemas de abastecimento de água com alto desempenho e eficiência têm originado uma enorme revolução no seio das EG e no dia-a-dia das sociedades, tanto pelo impacte direto que tem na qualidade de vida das populações e como pela influência que exercem nos custos das famílias e das empresas.

O controlo das perdas reais de água está diretamente associado a esta problemática devido aos elevados níveis de perdas de água que muitas EG, públicas ou privadas, de pequena ou de grande dimensão, apresentam.

Verifica-se, em Portugal, que o setor de abastecimento em baixa apresenta resultados diversos, pois tanto existem EG que têm um bom desempenho como existem outras que apresentam elevadas perdas, muitas vezes fundamentadas por políticas de desinvestimento, mas que se traduzem em elevados prejuízos financeiro e ambientais.

A presente dissertação permitiu obter conhecimento sobre a dimensão e importância de um problema atual e relevante como o das perdas de água. Para o efeito, é apresentada uma pesquisa sobre o estado da arte respeitante às perdas reais, dando uma melhor perceção da sua origem e das medidas mais eficientes para o seu controlo, bem como dos sistemas de monitorização e gestão das redes de abastecimento tendo em vista o auxílio na redução dessas mesmas perdas.

Conclui-se, dentro deste âmbito, que o ponto inicial é o cálculo do balanço hídrico, dado que permite a identificação e quantificação de todos os volumes de água entrados e saídos do sistema, bem como o conhecimento das várias parcelas em que estes volumes podem ser divididos, o que possibilita a definição de planos de ação para o controlo das perdas reais. O controlo das perdas assenta em medidas operacionais, nomeadamente a gestão da pressão, o controlo ativo de perdas, a reparação rápida e eficiente de fugas e roturas e a renovação/substituição de condutas. Para que as EG possam desenvolver um trabalho sério e obter resultados

desejáveis e sustentáveis, é necessário dotar as EG de meios técnicos e tecnológicos que permitam a implantação destas medidas.

Com a exploração das potencialidades dos sistemas de telecontagem, é possível saber-se, a cada momento, os problemas existentes nas redes de abastecimento e respetivos consumos. Assim, um combate minucioso às perdas reais torna-se facilitado com esta tecnologia, o que permite evitar a perda de elevados volumes de água.

Destacam-se, de entre as EG que possuem sistemas de telecontagem, aquelas que a par de um sistema de faturação têm introduzido novas funcionalidades como é o caso dos SMSBVC que, juntamente com a ITRON e o LNEC, implementaram uma plataforma de gestão da rede de abastecimento que se baseia num sistema de telemetria, mas que tem associado uma gestão de dados inovadora, na medida em que permite a realização de balanços hídricos de uma forma automática e em tempo real, logo sem a necessidade de se trabalhar um conjunto alargado de dados para a realização do balanço hídrico.

Este novo sistema permite, em tempo real, perceber a eficiência do sistema de abastecimento e efetuar uma análise do balanço hídrico, facilitando a tomada de decisão em tempo real, com o intuito de perceber, também, quais os trabalhos que têm que ser feitos para otimizar o sistema de abastecimento e reduzir os volumes de água perdida.

Tendo em conta o exposto acima e no sentido de demonstrar que a introdução de sistemas de monitorização das redes de abastecimento, como a telemetria, permitem às EG obterem enormes proveitos e contribuem, de uma forma muito acentuada, para a redução dos volumes de água perdida, foi efetuada uma análise a um sistema de abastecimento de água real em que esta tecnologia estava inserida.

Apesar nos esforços desenvolvidos no trabalho de campo não foi possível detetar nenhuma perda ou fuga concreta na zona de estudo de modo a dar resposta e uma questão levantada pela presente dissertação que era a reparação das fugas e as técnicas que melhor se enquadram para a sua reparação tendo em conta a otimização de recursos humanos, materiais, ambientais e económicos

Deste modo, pode-se concluir que no período de estudo e monitorização da rede de abastecimento da Amorosa, a percentagem de água relativa às perdas reais teve uma redução de 39,45% para os 14,20% e que a água não faturada apresenta uma



diminuição de 43,18% para 20,60%. Esta redução demonstra que os proveitos obtidos com a introdução desta nova tecnologia permitem poupanças muito significativas e traduziu-se em reduções de custos também consideráveis.

### **7.1. Recomendações para estudos futuros**

No decorrer dos estudos da pesquisa efetuada e estudos aqui apresentados foram diversas as questões que a bibliografia deixou por responder ou que, no âmbito do tema abordado e do trabalho desenvolvido, seria interessante estudar.

Entre outros assuntos, pretende-se agora realçar os mais importantes como uma sugestão para estudos que possam vir a ser desenvolvidos futuramente, dos quais se destacam:

- Medidas de minimização de erros humanos e informáticos;
- Exploração do benefício da implementação da telecontagem a toda a rede dos SMSBVC, com base nas zonas piloto já existentes, nomeadamente a zona da AMOROSA.
- Modelação informática do sistema de abastecimento da Amorosa tendo por base a adaptabilidade que o sistema necessita para responder ao período de verão.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

Águas Do Minho e Lima, ADML. (2004). Reanálise e validação dos estudos preliminares do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Minho-Lima. Viana do Castelo.

Águas Do Minho e Lima, ADML. (2004). Projeto de execução do subsistema de abastecimento de água de S. Jorge do limite norte do porto de Viana do Castelo a Cavada – Conduções adutoras e reservatórios de Âncora, Cristelo e Venade. Viana do Castelo.

ALEGRE, H., COELHO, S., ALMEIDA, M., VIEIRA, P. (2005). Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR).

ALEGRE, H., COELHO, S. (1997). Princípios relevantes para a eficiente gestão técnica de sistemas de abastecimento de água – 8º Encontro Nacional de Saneamento Básico. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

ALEGRE, H., HINER, J., PERENA, R. (2004). Indicadores de desempenho para serviço de abastecimento de água. Lisboa: Instituto Regulador de Água e Resíduo (IRAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

ALEGRE, H., COELHO, S., ALMEIDA, M., VIEIRA, P. (2005). Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

ALEGRE, H., COVAS, D. (2010). Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água – Uma abordagem centrada na reabilitação. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

ALVES, W., COSTA, A., GOMES, J. (1999). Macromedição (Versão Preliminar). Documentos Técnicos de Apoio. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Brasília, Brasil.

Centralplast. Central de compras de plásticos. (2006).

[http://www.centralplast.pt/pead\\_tubagem.htm](http://www.centralplast.pt/pead_tubagem.htm)

Construlink. Tubagens Cimianto. (2003).

[http://construlink.com/Homepage/2003\\_GuiaoTecnico/GuiaoTecnico.php?atual=0&Entidade=17&Area=&textoPesquisa](http://construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/GuiaoTecnico.php?atual=0&Entidade=17&Area=&textoPesquisa)

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, ERSAR. (2005). Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal. Lisboa.

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, ERSAR. (2009). Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal. Lisboa.

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, ERSAR. (2010). Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal. Lisboa.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, ERSE. (2007). Funcionalidades Mínimas e Plano de substituição dos Contadores de energia Elétrica. Lisboa.

EPA, U.S. Environmental Protection Agency. (2010). Control and Mitigation of Drinking Water Losses in Distribution Systems. Washington, DC: EPA.

<http://www.allianceforwaterefficiency.org/uploadedFiles/>

FARLEY, M. (2003). Non-Revenue Water – International Best Practice for Assessment, Monitoring and Control. IWA – Best Practice.

FARLEY, M. (2001). Leakage management and control - A Best Practice Training Manual. Geneva, Suíça: World Health Organization.

[http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO\\_SDE\\_WSH\\_01.1\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO_SDE_WSH_01.1_eng.pdf)

FARLEY, M., WYETH G., ARIE, I., SHER, S. (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook – A Guide to Understanding Water Losses. (United States Agency for International Development (USAID)).

[http://www.allianceforwaterefficiency.org/Water\\_Loss\\_Control\\_Introduction.aspx](http://www.allianceforwaterefficiency.org/Water_Loss_Control_Introduction.aspx)

FUCOLI - Somepal Fundação de Ferro, S.A.

<http://www.fucolisomepal.pt/Cat%C3%A1logo/Produtos/tabid/65/ItemId/07/Default.aspx>

HEALEY, R. (1991). Database management systems. In geographical information systems: principles and applications. Vol. 1, 18, pp. 251-267. Longman Scientific & Technical. London, England.

Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, INSAAR. (2009). Relatório do Estado do Abastecimento de Água e da Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Lisboa.

International Water Association, IWA. (2000). Water Loss. Assessing real water losses: a practical approach. WATER 21.

International Water Association, IWA. (2000). The blue pages.

International Water Association, IWA (2007). Water Loss Task Force - Leak Location & Repair.

ITRON <https://www.itron.com/brasil/pt/Pages/default.aspx>

LAMBERT, A., BROWN, T., TAKIZAWA, M., WEIMER, D. (2000). A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. IWA/AQUA.

LAMBERT, A., MCKENZIE, R. (2002). Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index. Reino Unido: International Water Data Comparisons Lt.

LAMBERT, A., THORTON, J. Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships.

[http://www.waterloss2007.com/pdf\\_vortraege/monday.html#M2](http://www.waterloss2007.com/pdf_vortraege/monday.html#M2)

LEIPNIK, M., KEMP, K., LOAICIGA, H. (1993). Implementation of GIS for water resource planning and management. Journal of water resources planning and management – ASCE, Vol. 119, n. ° 2, pp. 184-205.

LIMA, D.. (2011). Controlo de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água – substituição de condutas sem abertura de vala. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

LOUREIRO, D., ÁLVARES, A., COELHO, S.. (2007). Aplicação de sistemas de telemetria domiciliária em sistemas de distribuição de água. I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água, Maio, Barcelos.

MARQUES, J., SOUSA, J. (2009) Hidráulica Urbana. Vol. 2º. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.

MARTINS, J. (2007). Gestão da Mudança em Empresas de Águas. Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

MEDEIROS, N., LOUREIRO, D., MEGEIRO, J., COELHO, S., BRANCO, L.. (2007). Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água. I Conferência INSSAA - Modelação de sistemas de abastecimento de água, implantação sustentada e integração na indústria da água, Barcelos, Portugal.

MEDEIROS, N., LOUREIRO, D., MUGEIRO, J., COELHO, S., BRANCO L., (2007). Concepção, Instalação de Sistemas de Telemetria Domiciliária para Apoio à Gestão Técnica de Sistema de Distribuição de Água. Água XXI.

MORRISSON, E., TOOMS, S., HALL, G. (2008). Sustainable District Metering. IWA.

MOURA, E., DIAS, I., SILVA, J., SILVA, F. (2004). Abordagem sobre perdas de água em sistemas de abastecimento. SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. Brasil: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL.

PEASAR II. (2007). Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais. Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Águas de Portugal, AdP. (2011). Redução de perdas de água.

<http://aguaeambiente.ambienteonline.pt/noticias/edicoesantigas.php?idSec=30>

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. (1999). Medidas de Redução de Perdas, Elementos para Planeamento. Brasília, Brasil.

RUDOLF, F., ROLAND, L. (2010). Asian Development Bank. The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water. Philippines: Asian Development Bank.

SAINT-GOBAIN PAM PORTUGAL, S.A. (2010). Tubagem em Ferro Fundido Dúctil – BLUTOP.

<http://www.saint-gobain-pam.pt/pages/site/GAmme.asp?idrubriquecatalogue=64>

Sival

<http://www.sival2.pt/index.php?id=6&aid=1&fid=2&subfid=26>

SHEPHERD, I. (1991). Information integration and GIS in geographical information systems: Principal and applications. Vol. 1, 22, Longman Scientific & Technical, London, England.

SILBERSCHATZ, A., KORTH, H., SUDARSHAN, S. (1997). Database system concepts. 3th Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York, EUA.

SIMÃO, A. (2000). Planeamento e gestão de sistemas de abastecimento de água com recurso à tecnologia dos SIG. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade de Coimbra, Coimbra.

SMSBVC, (2012). Relatório de Atividades e Gestão

SMSBVC, <http://www.smsbvc.pt/>

TAMARKIN, T. (1992). Public Power. Automatic Meter Reading. Sacramento, Califórnia. President & CEO of USCL Corporation. Volume 50.

Tecnilab, Portugal S.A.

[http://www.tecnilab.pt/content/default.asp?idCat=Contadores\\_Caudalímetros&idCatM=PRODUTOS](http://www.tecnilab.pt/content/default.asp?idCat=Contadores_Caudalímetros&idCatM=PRODUTOS)

ZANIBONI, N. (2009). Equipamentos e metodologias para o controle e redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água. Tese de mestrado São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Brasil.